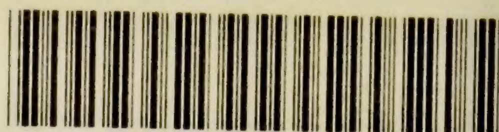


Presented by

....

.... 193



THE ROYAL SANITARY INSTITUTE LIBRARY

Conditions for Loan of Books and Periodicals

(1) Books may be retained for 28 days. Periodicals may be retained for 14 days. Applications for extension of the loan period must be made in writing before its expiry.

(2) Books must be kept clean and protected from damage. Pages must not be turned down; pencil or other marks must not be made. Borrowers are liable for damage done to books; they should, therefore, examine books when received and call attention at once to any existing damage.

This book is returnable **on or before the last date Marked below.**

23 NOV. 1943	

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

A LA MÊME LIBRAIRIE

63357. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

CAISSE NATIONALE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

EFFECTUÉES A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET A LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

PAR

LE Dr A. CALMETTE

Membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

E. ROLANTS
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

E. BOULLANGER
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

F. CONSTANT
Préparateur à l'Institut Pasteur de Lille

L. MASSOL
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

QUATRIÈME VOLUME

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1909

INTRODUCTION

Lorsqu'en 1902 nous entreprîmes nos premières recherches sur l'*épuration biologique des eaux d'égout*, très peu de personnes connaissaient, en France et dans la plupart des pays d'Europe, les résultats fort encourageants fournis par l'application de cette méthode dont le principe avait été d'abord établi par *Hiram Mills* à la station expérimentale de *Lawrence* (*Massachusets*) et qui fut successivement perfectionnée à *Sutton* et à *Barking*, près de *Londres*, par *W. J. Dibdin*; puis à *Manchester* et à *Leeds*, par *Sir Henry Roscoe*, *P. Frankland*, *Gilbert J. Fowler* et le *colonel Harding*; à *Hambourg*, par *Dunbar*, et enfin par nous-même en *France*.

Les hygiénistes et les ingénieurs sanitaires estimaient alors que l'épandage avec utilisation agricole, tel qu'on le pratiquait aux environs de Paris, à *Gennevilliers* et à *Achères*, et aussi à *Reims*, devait être considéré comme la solution la plus parfaite et la plus économique du grave problème de l'assainissement des villes.

Pourtant l'opinion publique commençait à s'inquiéter de certaines accusations portées contre l'*épandage*. Et, quoique la plupart des méfaits imputés à cette méthode fussent considérablement exagérés, il fallait bien se rendre à l'évidence et admettre qu'elle était *inapplicable dans le plus grand nombre des cas, parce qu'il est exceptionnel de trouver, aux environs immédiats des grandes villes, des terrains suffisamment vastes, peu coûteux et d'une perméabilité convenable.*

La ville de Paris elle-même n'est jamais parvenue à traiter la totalité de ses eaux d'égout sur les 6000 hectares de terres irrigables dont elle dispose, et l'application progressive du tout à l'égout l'oblige à rechercher d'autres moyens pour éviter les déversements directs d'eau non épurée en Seine. Aussi dut-elle entreprendre à son tour des essais qui sont actuellement poursuivis à *Gennevilliers*, sous la haute direction de M. l'ingénieur en chef *Colmet-Daage*, successeur de M. *Bechmann*. Pressé davantage encore par les circonstances, le département de la Seine n'a pas hésité à réaliser immédiatement au *Mont-Mesly*, près de *Créteil*, une première station qui assure déjà l'épuration biologique de 10 000 mètres cubes par jour d'eaux d'égout provenant de *St-Maurice* et de *Maisons-Alfort*.

Au cours de cette année 1908 et depuis la publication des trois premiers volumes de nos *Recherches*, d'assez nombreuses applications du système biologique ont été effectuées en France. Mais la seule un peu importante, en dehors de *Paris* et de *Lille*, est celle de *Toulon* que nous avons précédemment décrite. Beaucoup d'autres sont à l'état de projets; plusieurs de ceux-ci sont déjà approuvés par le Conseil supérieur d'hygiène publique, en particulier ceux des villes de *Mâcon*, de *Privas*, de *Villeneuve-Saint-Georges*. On peut espérer désormais que ces exemples seront suivis. Le temps est proche où les municipalités se préoccuperont, plus que la plupart d'entre elles ne l'ont fait jusqu'ici, de sauvegarder la santé publique en protégeant les nappes aquifères souterraines et les rivières contre les pollutions si dangereuses produites par les puisards ou puits perdus, par les fosses fixes ou par les déversements directs des égouts dans les cours d'eau.

Nous aurions déjà fait plus de progrès sans doute si, à l'exemple de l'Angleterre et de l'Allemagne, nous avions abordé tout de suite et partout l'étude du problème de l'assainissement urbain collectif, au lieu de tolérer dans nos villes ces multiples petites installations soi-disant sanitaires qui, sous les dénominations les plus variées, n'ont procuré que des

déboires et coûté beaucoup d'argent aux propriétaires d'immeubles séduits par les fallacieuses promesses qui s'étalaient dans les prospectus de leurs inventeurs.

Heureusement aujourd'hui, grâce à l'intervention et au droit de contrôle du Conseil supérieur d'hygiène publique ou des conseils départementaux et des commissions sanitaires, le danger très réel de voir se propager l'adoption de ces systèmes qui, sous un masque scientifique, ont fait tant de dupes, est à peu près conjuré. Les villes, les grands établissements industriels, ne se hasardent plus à faire construire des fosses septiques et des lits bactériens sans solliciter l'examen de personnalités scientifiques compétentes, ingénieurs, chimistes et bactériologistes, capables de les éclairer en toute indépendance sur le procédé d'épuration, sur le mode d'adduction ou de distribution dont le choix s'impose comme devant être plus économiques et plus efficaces suivant chaque circonstance.

Il est désirable qu'il en soit toujours ainsi dans l'avenir. On doit souhaiter aussi qu'après leur mise en service, toutes les stations d'épuration dont le bon fonctionnement intéresse la santé publique ou la salubrité des cours d'eau, soient périodiquement visitées et surveillées. Par l'intervention opportune d'un bactériologiste familiarisé avec la connaissance des phénomènes biologiques qui s'accomplissent dans les fosses septiques ou sur les lits bactériens, on évitera presque toujours des réparations prématurées et coûteuses.

Nous avons déjà indiqué qu'en Allemagne ces conseils et ce contrôle permanents incombent à une institution officielle (*KK. Versuchs- und Prüfungsanstalt Wasserversorgung and Abwasserbeseitigung*, Kochstrasse 73, Berlin W.) qui, depuis 1901, date de sa création, rend les plus grands services. Le ministère de l'Instruction publique prussien, dont elle dépend, lui assure chaque année un budget minimum de 150 000 *marks* (162 000 francs). Une organisation analogue s'impose en France et il semble que notre caisse nationale des Recherches scientifiques, qui peut recevoir chaque année une importante subvention prélevée spécialement sur les fonds du pari mu-

tuel pour les études relatives à l'épuration des eaux d'égout, n'aurait aucune peine à la réaliser.

Nous exprimons le vœu qu'elle veuille bien s'en préoccuper et qu'elle parachève ainsi l'œuvre de haute portée sociale que sa généreuse intervention nous a permis de poursuivre. Notre concours le plus dévoué lui reste acquis et nous nous estimerons heureux, mes collaborateurs et moi, s'il lui paraît que nos modestes efforts ont répondu à la confiance dont elle nous a honorés.

Dr A. CALMETTE.

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

CHAPITRE PREMIER

LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

Les agrandissements successifs, puis les transformations que nous avons jugé nécessaire de faire subir à notre station expérimentale de *la Madeleine* ont apporté de tels changements aux dispositifs décrits dans le premier et dans le second volume de ces recherches, que nous croyons indispensable d'en donner ici une nouvelle description et un plan représentant exactement son état actuel.

Les résultats de nos expériences antérieures sur le fonctionnement des lits de contact et sur le travail comparé des fosses septiques ouvertes à l'air libre ou fermées, nous avaient suffisamment renseignés, d'une part sur la supériorité incontestable des lits bactériens percolateurs pour l'épuration des eaux résiduaires de *la Madeleine*, d'autre part sur les inconvénients réels que présentent les fosses septiques couvertes, pour nous déterminer à adopter d'importantes modifications à notre installation primitive.

Actuellement nous disposons d'une surface totale de 690 mètres carrés de lits percolateurs, sur lesquels nous pourrons traiter en 1909 une moyenne de 700 *mètres cubes d'eau par jour*, c'est-à-dire à peu près la totalité de ce que débite en temps normal l'égout de *la Madeleine*.

Les anciens lits de contact ont été supprimés.

La fosse septique *couverte* a été transformée en fosse *ouverte*, semblable à celle qui existait précédemment. Les chambres à sable ont été agrandies, et on a construit des bassins d'échantillonnage permettant de recueillir séparément et simultanément des échantillons moyens d'eau brute, d'eau sortant de chacune des deux fosses septiques ouvertes, et de chaque groupe de lits percolateurs.

Enfin on a aménagé, outre l'ancien aquarium qui ne pouvait être alimenté d'eau épurée que d'une façon intermittente, un vaste bassin à poissons que traverse incessamment l'effluent des nouveaux lits.

Les appareils de distribution automatique auxquels notre choix s'est arrêté sont exclusivement les siphons à décharge intermittente des types *Geneste-Herscher* et *Parenty*. Mais nous avons continué à expérimenter le *distributeur rotatif Fiddian*, et nous étudierons tous les appareils analogues qui, mis à notre disposition par leurs inventeurs ou constructeurs, nous paraîtraient offrir quelque avantage sérieux, particulièrement au point de vue économique.

*
* *

Le plan général de la station expérimentale de *la Madeleine* comporte : (Voir *planches* I et II et *fig*. 1, 2 et 3).

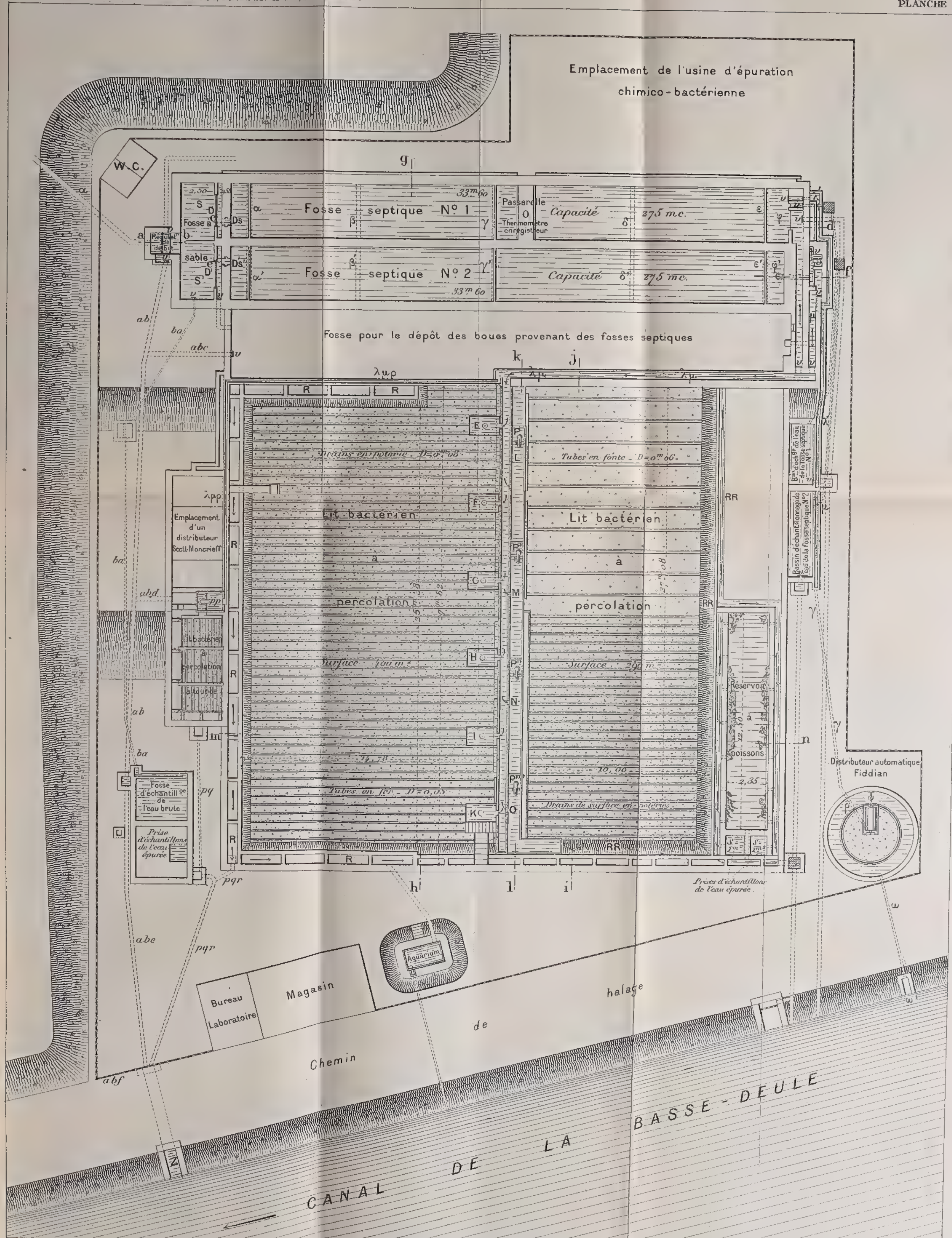
En *a* l'arrivée de l'eau brute qui était primitivement évacuée par gravitation dans la Basse-Deûle et qu'un barrage, formant déversoir de sûreté, oblige actuellement à passer par nos bassins d'épuration. L'eau traverse d'abord une grille à tiges de fer espacées de $0^{m},06$, destinée à retenir les corps flottants volumineux, et un régulateur de débit, système *Parenty*, que nous avons décrit en détail, page 280 de notre volume II. Elle se répartit ensuite en *b* entre deux chambres à sables S et S' de $15^{m3},50$ de capacité chacune. Les dimensions de ces fosses sont :

Longueur $2^{m},50$.

Largeur $3^{m},10$.

Profondeur 2 mètres.

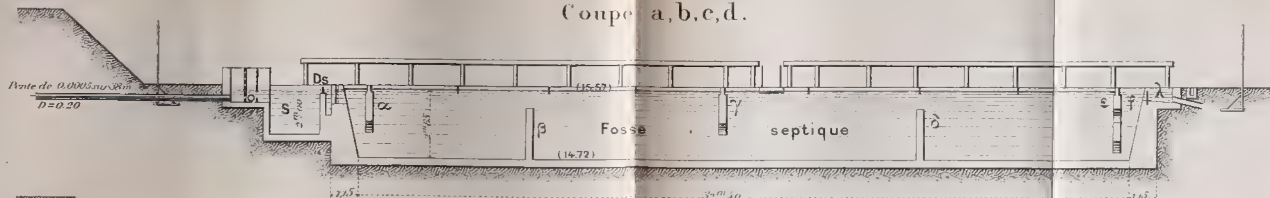
En amont du régulateur de débit, un déversoir de trop plein assure l'évacuation à la rivière par *ab*, en cas d'arrivée

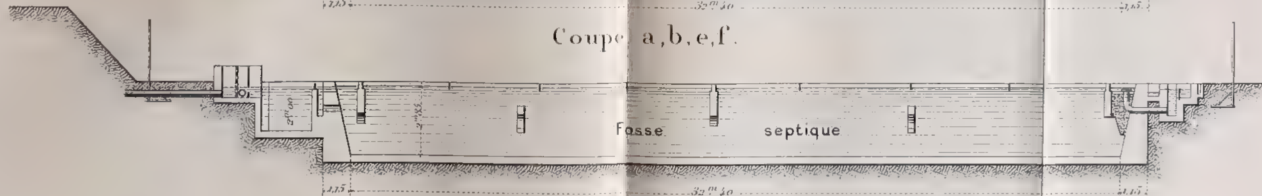


E. Morieu, Gr.

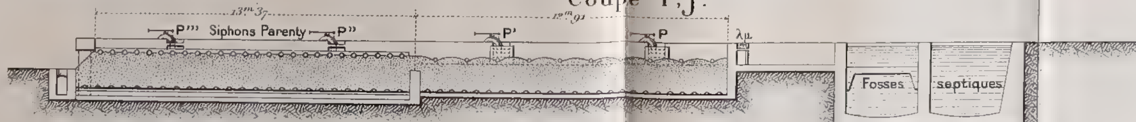
STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

Imp. Dufrénoy, Paris

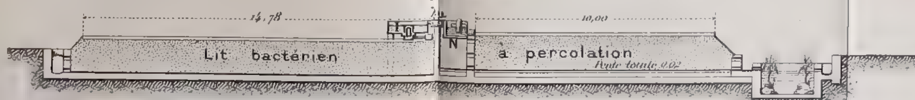














E. Morieu, Gr.

Lith. Dufrénoy, Paris.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

brusque d'un grand volume d'eau. Le déversoir est placé à $0^{m},80$ au-dessus du niveau d'écoulement minimum.

Dans l'une des parois de la chambre à sables S′, une petite vanne *v* permet de diriger sur *ba* un centième du débit total de *a* vers une fosse d'échantillonnage pour les analyses quotidiennes d'eau brute.

Chaque chambre à sables est pourvue d'un déversoir de $1^{m},98$ de largeur D et D′ d'où les eaux, débarrassées des corps lourds en suspension, vont par D*s* et D′*s*′ dans les deux fosses septiques n°s 1 et 2.

Fosses septiques. — La capacité utile de chacune des fosses est de 282 mètres cubes, soit 564 mètres cubes au total et leurs dimensions sont :

Longueur moyenne 33 mètres (longueur en surface $= 33^{m},60$).

Largeur 3 mètres.

Profondeur $2^{m},85$.

A leur extrémité opposée au point d'entrée des eaux, elles portent un déversoir divisé en trois lames : l'une, la plus grande, large de $0^{m},99$ conduit aux lits bactériens par $\lambda\mu$ l'effluent à épurer ; les deux autres de $0^{m},01$ d'ouverture, servent alternativement ou simultanément pour conduire par λ' ou par μ' une fraction du liquide sortant des fosses septiques à l'un ou à l'autre des bassins d'échantillonnage numérotés 1 et 2, ou bien à l'appareil *Fiddian* représenté sur le plan, à droite des lits percolateurs.

Arrivant des chambres à sables par D*s* et D′*s*′, l'eau d'égout brute entre dans les fosses septiques 1 et 2 et s'y débarrasse des matières organiques en suspension qu'elle contenait. Son séjour dans l'une ou l'autre fosse varie suivant le débit du régulateur *Parenty*. Les chicanes de surface α, γ, ε, et les chicanes de fond β, δ, assurent une décantation aussi parfaite que possible. Leurs dispositions respectives sont indiquées sur le plan par les coupes *a b c d* et *a b e f*.

De simples planches transversales, non représentées dans la figure, plongeant seulement de $0^{m},10$ dans le liquide, coupent la surface des fosses septiques en rectangles, assurant la retenue des graisses et autres corps flottants qui forment chapeau.

Vers le milieu de la fosse n° 1 une passerelle en ciment armé porte un thermomètre enregistreur qui indique en toutes saisons la température de l'eau à 2 mètres de profondeur.

Dans la dernière portion φ et φ' nous avions primitivement installé un filtre constitué par des cailloux, pour retenir dans chaque fosse les matières qui pouvaient avoir échappé aux actions de fermentation anaérobie. Cette précaution a été, depuis, jugée inutile parce que la longueur des fosses étant très suffisante pour assurer une solubilisation convenable,



Fig. 1. — Fosses septiques de la Madeleine.

l'effluent ne renferme jamais de matières en suspension en quantités gênantes.

Le dragage des fosses est effectué, lorsqu'il y a lieu (une fois par an environ) avec des dragues à main, sans les vider. Ainsi leur fonctionnement n'est pas interrompu. Il eût été préférable d'aménager le fond avec une partie déclive en forme de cuvette, d'où une vanne eût permis d'évacuer partiellement de temps à autre les boues déposées; mais cela n'a pas été possible à *la Madeleine* parce que le fond des fosses dut être construit dans un terrain très aquifère, au-dessous du niveau de la Basse-Deûle toute voisine.

Toutefois, pour nous rendre compte aussi exactement que

possible des quantités de boues enlevées par dragage à chaque fosse, et pour analyser des échantillons moyens de ces boues, nous disposons d'un vaste bassin complètement cimenté, de $33^m,60$ de longueur (comme les fosses septiques) et de $0^m,50$ de profondeur seulement. Le produit de chaque dragage y est déposé, puis extrait après dessiccation convenable pour être pesé et analysé.

L'effluent des fosses septiques s'écoule par gravitation dans une rigole en ciment armé $\lambda\mu$, établie le long de ce bassin à boues, puis dans une autre rigole perpendiculaire à la précé-



Fig. 2. — Vue générale des lits percolateurs de la Madeleine.

dente, qui alimente directement les réservoirs de chasse en tôle E, F, G, H, I, K à gauche et les réservoirs de chasse L, M, N, O à droite, ces derniers en ciment armé.

Les premiers de ces réservoirs (E, F, G, H, I, K) ont chacun 600 litres de capacité et portent chacun en leur milieu de siphon de chasse automatique et intermittente du type un *Geneste-Herscher*.

L'eau à épurer arrive par le canal $\lambda\mu$; elle est introduite par une vanne-déversoir à débit réglable dans chaque réservoir. Lorsque l'un d'eux est plein, le siphon s'amorce automatiquement et, en un laps de temps qui n'excède pas 50 secondes, tout le contenu s'échappe brusquement pour se déverser à flots dans une nochère sous-jacente à chaque réservoir,

laquelle est munie de fentes latérales ou d'ouvertures correspondant chacune à une rangée de drains ou de tubes distributeurs de surface.

Grâce à cette disposition, l'eau est très rapidement distribuée sur toute la surface du lit bactérien.

Le fonctionnement des siphons est réglé de telle sorte que chaque réservoir met *au moins* dix minutes à se remplir et *au plus* 50 secondes à évacuer son contenu sur la portion du lit bactérien qu'il doit desservir. On obtient ainsi des alternances parfaitement régulières de mouillage et d'aération des scories, et l'expérience nous a montré qu'il fallait donner aux périodes d'aération une durée minima dix fois plus longue qu'aux périodes de mouillage. L'eau trouve alors le temps de s'infiltrer dans toute la masse des scories, entraînant avec elle une grande quantité d'air indispensable à l'accomplissement des fonctions des microbes nitrificateurs.

Le lit bactérien desservi par les six réservoirs à siphons *Geneste-Herscher* a 400 mètres de superficie sur $1^{m},58$ de hauteur. Il est supporté par trois murs ajourés, le quatrième côté étant constitué par le mur plein qui supporte le canal d'amenée et les nochères de distribution.

Les détails de construction de ce lit ont été déjà décrits page 6 de notre volume II : nous n'y reviendrons pas. On trouvera dans le même volume II, page 7, représenté en coupe, un siphon *Geneste-Herscher*.

Les nouveaux lits à percolation que nous avons construits sur l'emplacement de nos anciens lits de contact ont 290 mètres carrés de surface, $27^{m},08$ de longueur, 10 mètres de largeur à la surface, 11 mètres au fond et $1^{m},50$ de hauteur disposée sur 1 mètre en talus.

La construction de ces lits a été effectuée avec un soin tout particulier, grâce à l'obligeant concours de *M. Saunier*, conducteur des ponts et chaussées, qui nous prête avec le plus grand dévouement sa collaboration incessante. Nous sommes heureux de saisir l'occasion qui s'offre à nous de l'en remercier.

Au lieu d'employer des scories seules, nous avons préféré utiliser ici, sauf pour la surface et pour le fond, un mélange de 3/4 de scories criblées à plus de 1 centimètre et de 1/4 de calcaire

tendre (pierre à chaux) en morceaux de 3 à 6 centimètres. L'expérience nous avait montré que la nitrification s'effectue ainsi beaucoup mieux.

Ces nouveaux lits sont exclusivement desservis par quatre réservoirs en ciment armé L, M, N, O de 1000 litres de capacité, pourvus des siphons *Parenty* que nous avons décrits d'a-



Fig. 3. — Lits percolateurs et réservoirs de chasse de la Madeleine (¹).

près les notes fournies par l'inventeur lui-même, page 275 du volume II.

Chacun des quatre réservoirs possède un compteur permettant le réglage exact du nombre de chasses fournies en vingt-quatre heures. Les siphons eux-mêmes peuvent être réglés de manière à évacuer seulement une tranche de hauteur voulue, en une minute.

L'effluent épuré s'écoule par les trois côtés du talus de scories; il est canalisé par deux rigoles cimentées R R dont l'une alimente continuellement par une série d'orifices grillagés un

(¹) Cette photographie a été prise par temps de neige. Avec des froids dépassant — 12°, le fonctionnement de ces lits percolateurs est resté parfaitement régulier.

vaste réservoir à poissons de 12^m,50 de longueur sur 2^m,35 de largeur. Il traverse, en outre, deux bassins d'échantillonnage qui permettent de collecter séparément l'eau épurée par chacune des deux moitiés du lit, et celle-ci se rend finalement à la Basse-Deûle.

La distribution de l'eau à traiter sur ce nouveau lit est réalisée sur une moitié par des drains de 0^m,08 de diamètre, rangés en lignes parallèles et espacées de 0^m,50 les unes des autres; sur l'autre moitié par des tubes en fonte de 0^m,06 de diamètre, également parallèles et espacés de 0^m,80. Ces tubes sont percés de trous en quinconce qui assurent, par une série de jets verticaux et obliques de chaque côté, la répartition aussi égale que possible du liquide sur la surface des scories.

Le plan II montre, suivant la coupe *g h*, la disposition respective des bacs distributeurs à siphon *Geneste-Herscher* et du lit bactérien; suivant les coupes *i j k l* celle des réservoirs à siphons *Parenty*; enfin, suivant la coupe *m n*, l'ensemble des deux lits, ancien et nouveau, avec le canal d'amenée de l'eau à épurer λ μ, qui les alimente.

Nous jugeons inutile de reproduire ici la description des autres dispositifs expérimentaux destinés à certaines recherches spéciales, telles que le petit lit bactérien circulaire desservi actuellement par le *Fiddian* et le lit de 14 mètres carrés de surface pour les essais d'épuration par la tourbe.

Indiquons seulement que nous venons d'installer dans une cave couverte, creusée tout exprès en profondeur, un appareil de *Scott-Moncrieff* destiné à l'épreuve des différents matériaux que l'on peut utiliser pour construire les lits et à la détermination de la hauteur que l'on doit donner à ces lits suivant la nature et le volume des eaux à traiter dans chaque localité.

Notre prochain rapport exposera les résultats des expériences faites sur les eaux de *la Madeleine* avec cet appareil qui, dans la pensée de son inventeur, doit servir en quelque sorte d'instrument de mesure international, permettant de comparer, entre elles les données fournies par les diverses stations d'épuration.

CHAPITRE II

RÉSULTATS ANALYTIQUES DES EXPÉRIENCES DE LA MADELEINE EN 1907-1908

EAU D'ÉGOUT BRUTE. — EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES. EFFLUENT DES LITS BACTÉRIENS A SIPHONS PERCOLATEURS.

Du 1er juillet 1907 au 30 juin 1908 nous avons continué à faire chaque jour les analyses sommaires portant sur :

a) *L'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures*;

b) *L'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes, avant et après incubation à 30°* (pour les eaux épurées seulement), *indice de putrescibilité*;

c) *L'ammoniaque*;

d) *Les nitrates.*

En outre, en janvier, mars, mai et juin 1908, pendant une période de six jours pour chaque mois, nous avons procédé à des analyses plus complètes portant sur :

1° *Les matières organiques et minérales en suspension dans l'eau brute*;

2° *Les matières organiques en solution* (double dosage par le permanganate en solution acide et en solution alcaline);

3° *L'azote total*;

4° *L'ammoniaque libre ou saline*;

5° *L'azote organique*;

6° *Les nitrates*;

7° *Les nitrites* ;
8° *Le carbone organique, total et dissous* ;
9° *L'alcalinité.*

Les méthodes employées pour ces analyses ont été décrites en détail et commentées dans le premier supplément de ces « *Recherches* » (1).

De juillet à décembre 1907 nous avons effectué simplement les analyses de contrôle de l'épuration.

De janvier à juin 1908 nous avons continué nos recherches sur le travail des fosses septiques. Les résultats et les considérations que nous pouvons en tirer sont exposés plus loin dans le chapitre III.

Nous avons estimé que deux années d'études comparées du travail d'épuration qui s'opère dans les lits bactériens de contact et de celui qui s'opère dans les lits bactériens à percolation étaient suffisantes et que nous étions fondés à supprimer définitivement nos lits de contact. Nous avons décidé la transformation de ceux-ci en lits bactériens à percolation analogues à ceux déjà existant, mais avec quelques modifications indiquées dans le précédent chapitre. Les résultats de ces dernières ne pourront être connus qu'ultérieurement.

Les quantités d'eau épurées ont été très variables, de 20 mètres cubes certains dimanches (temps sec), à plus de 400 mètres cubes en semaine. Ces variations énormes proviennent de ce que le système des égouts de *la Madeleine* est unitaire et de ce qu'ils reçoivent une grande quantité d'eaux résiduaires industrielles. Le régulateur, système *Parenty*, placé à l'arrivée des eaux, nous permettait de ne pas admettre sensiblement plus de 400 mètres cubes, mais livrait passage à tout volume inférieur. A ce sujet, nous ne saurions trop recommander aux ingénieurs chargés de construire des installations d'épuration de s'assurer que le volume maximum des eaux à traiter ne s'écarte pas trop du volume moyen prévu et de calculer les surfaces de lits bactériens en conséquence.

Pendant le premier semestre les eaux étaient reçues dans les deux fosses et l'effluent de l'une seulement, *ouverte*, était traité sur les lits bactériens à percolation.

(1) Paris, Masson, éditeur, 1908.

Pendant le deuxième semestre (janvier à juin 1908), le volume des eaux a été réduit et reçu uniquement dans les deux fosses septiques *ouvertes*; l'effluent était déversé sur les lits bactériens à percolation.

L'an prochain nous serons en mesure d'épurer la totalité des eaux venant de l'égout de *la Madeleine*, quel que soit leur volume.

*
* *

Les analyses ont été effectuées comme les années précédentes en prélevant des échantillons moyens de 24 heures dans les bassins d'échantillonnage.

Le tableau I indique les résultats fournis par les analyses complètes de six périodes de six jours chacune.

Les autres tableaux et les graphiques ont été établis d'après les moyennes par semaine.

A. **Oxygène absorbé en 4 heures.** — Cette détermination très rapide permet de suivre journellement le travail d'épuration.

Les volumes d'eau traités ayant été le plus souvent supérieurs à ceux de l'année précédente, les résultats ont été aussi un peu plus élevés (*Tableau* II, *graphique* 1). De plus la pollution de l'eau brute a été de beaucoup plus intense que celle de 1906-1907 comme le montre la comparaison des moyennes pour 7 mois en 1906-1907 et pour 12 mois en 1907-1908.

	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.	Effluent des lits bactériens à percolation.
	—	—	—
1906-1907	29,5	26,5	5,0
1907-1908	48,6	45,0	7,2

D'après ces nombres le coefficient d'épuration obtenu est plus élevé que celui de l'année précédente : 83 *pour* 100 *en* 1906-1907; 86 *pour* 100 *en* 1907-1908.

*
* *

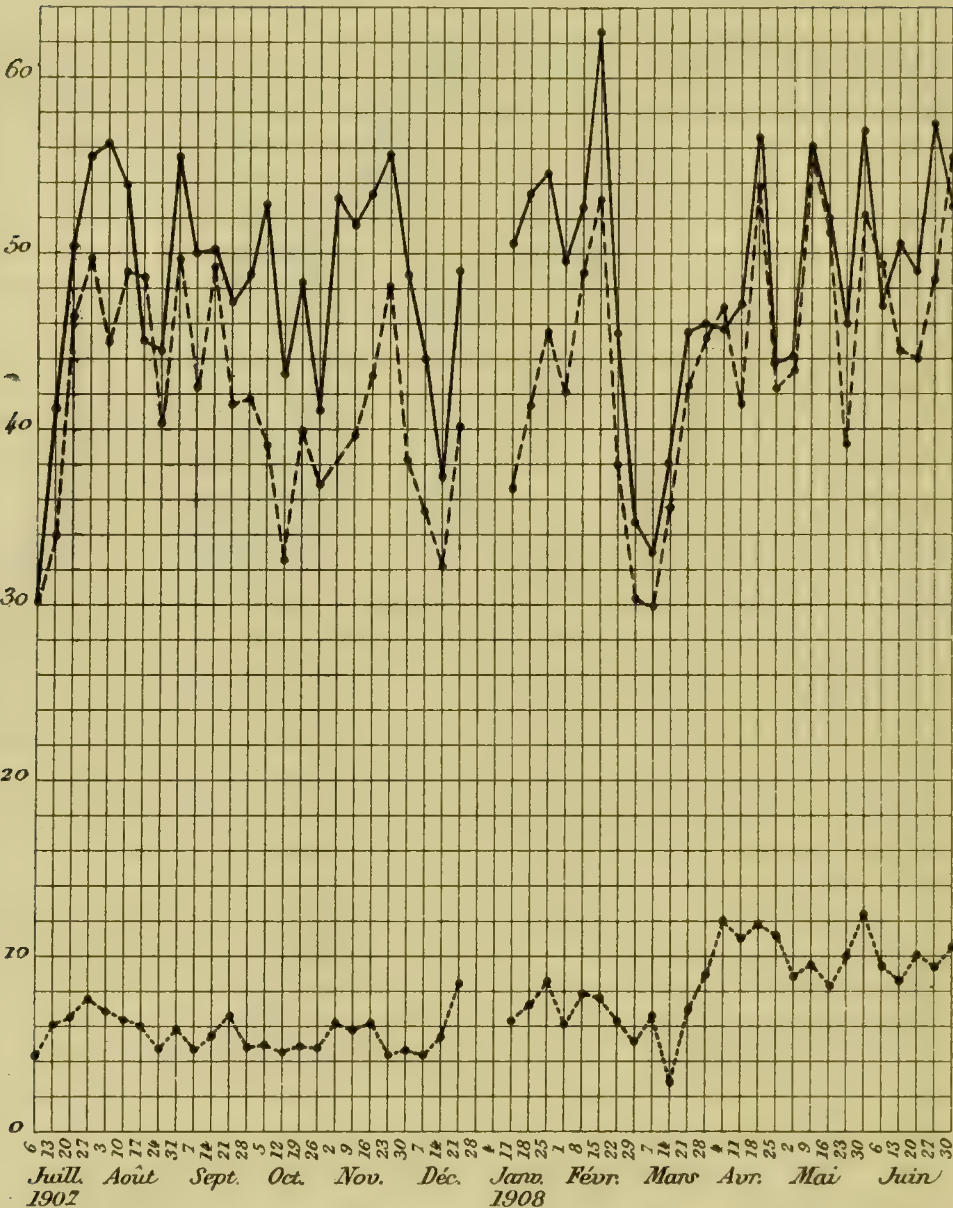
B. **Ammoniaque libre ou saline.** — L'augmentation de la quantité d'ammoniaque indique également une plus forte

Tableau I. — **Résultats analytiques fourn**

DATE DE LA PRISE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	VOLUME MOYEN EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES	ALCALINITÉ EN CO^3Ca	MATIÈRES EN SUSPENSION		OXYGÈNE ABSORBÉ		
				ORGANIQUES	MINÉRALES	EN 3 MINUTES	EN 4 HEURES	APRÈS 7 JOURS D'INCUBATION
Du 8 au 14 décembre 1907	Eau brute	467,0	»	408,0	625,0	»	37,4	
	Effluent des fosses septiques	467,0	»	»	»	»	32,3	
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	233,0	»	»	»	1,9	5,5	[illegible]
Du 16 au 22 février 1908	Eau brute	229,0	403	241,0	282,0	»	45,5	
	Effluent de la fosse septique	229,0	393	»	»	»	37,9	
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	224,0	282	»	»	2,4	6,4	[illegible]
Du 16 au 22 mars 1908	Eau brute	299,0	463	491,0	376,0	»	45,7	
	Effluent des fosses septiques	299,0	473	»	»	»	42,4	
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	293,0	333	»	»	2,7	7,0	[illegible]
Du 12 au 18 avril 1908	Eau brute	293,0	506	137,0	151,3	»	56,4	
	Effluent des fosses septiques	293,0	520	»	»	»	53,8	
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	287,0	450	»	»	4,1	11,8	[illegible]
Du 10 au 16 mai 1908	Eau brute	259,0	513	66,6	78,3	»	51,9	
	Effluent des fosses septiques	259,0	487	»	»	»	51,3	
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	219,0	375	»	»	2,8	8,3	[illegible]
Du 21 au 27 juin 1908	Eau brute	317,5	461	81,5	107,0	»	57,5	
	Effluent des fosses septiques	317,5	475	»	»	»	48,4	
	Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs	269,0	347	»	»	3,0	9,8	[illegible]

dant les six périodes (en milligrammes par litre).

ATIÈRES GANIQUES Dosage ermanganate n oxygène		CARBONE ORGANIQUE EN C			AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az				NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
							ORGANIQUE				
ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		AMMONIACAL	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		
,3	60,0	365,6	78,9	286,7	15,0	12,3	22,5	8,9	13,6	»	»
,5	47,0	»	64,1	»	16,5	13,4	»	5,8	»	»	»
,4	9,5	»	9,7	»	1,6	1,3	»	2,5	»	34,0	1,1
,0	71,0	177,6	58,2	119,4	18,4	15,1	15,6	11,1	4,5	»	»
,5	53,0	»	51,7	»	22,1	18,1	»	9,1	»	»	»
,4	9,1	»	15,0	»	0,7	0,6	»	2,9	»	40,0	traces
,0	77,0	262,3	50,3	212,0	17,5	14,4	21,3	10,6	10,7	»	»
,0	70,0	»	51,5	»	19,1	15,6	»	7,9	»	»	»
,4	12,1	»	16,1	»	1,5	1,2	»	2,8	»	27,0	0,5
,0	95,0	176,0	94,0	72,0	21,5	17,6	16,0	9,8	6,2	»	»
,0	86,3	»	92,0	»	21,7	17,8	»	9,6	»	»	»
,5	18,5	»	20,3	»	4,3	3,5	»	4,4	»	9,0	0,5
,0	91,3	148,8	89,1	59,7	23,3	19,0	15,3	12,2	3,1	»	»
,3	85,6	»	71,8	»	24,0	20,0	»	10,3	»	»	»
,8	14,9	»	17,3	»	2,4	2,0	»	3,0	»	19,0	traces
,0	87,6	140,1	80,2	59,9	22,0	18,0	11,3	7,6	3,7	»	»
,3	74,7	»	85,6	»	18,7	15,3	»	9,6	»	»	»
,2	16,0	»	17,0	»	1,6	1,3	»	4,2	»	13,4	traces



Graphique n° 1. — Oxygène absorbé en 4 heures.

——— Eau brute.
- - - - - - - - Effluent des fosses septiques.
. . . . Effluent des lits bactériens.

pollution qui ressort des chiffres comparés avec ceux de l'année précédente.

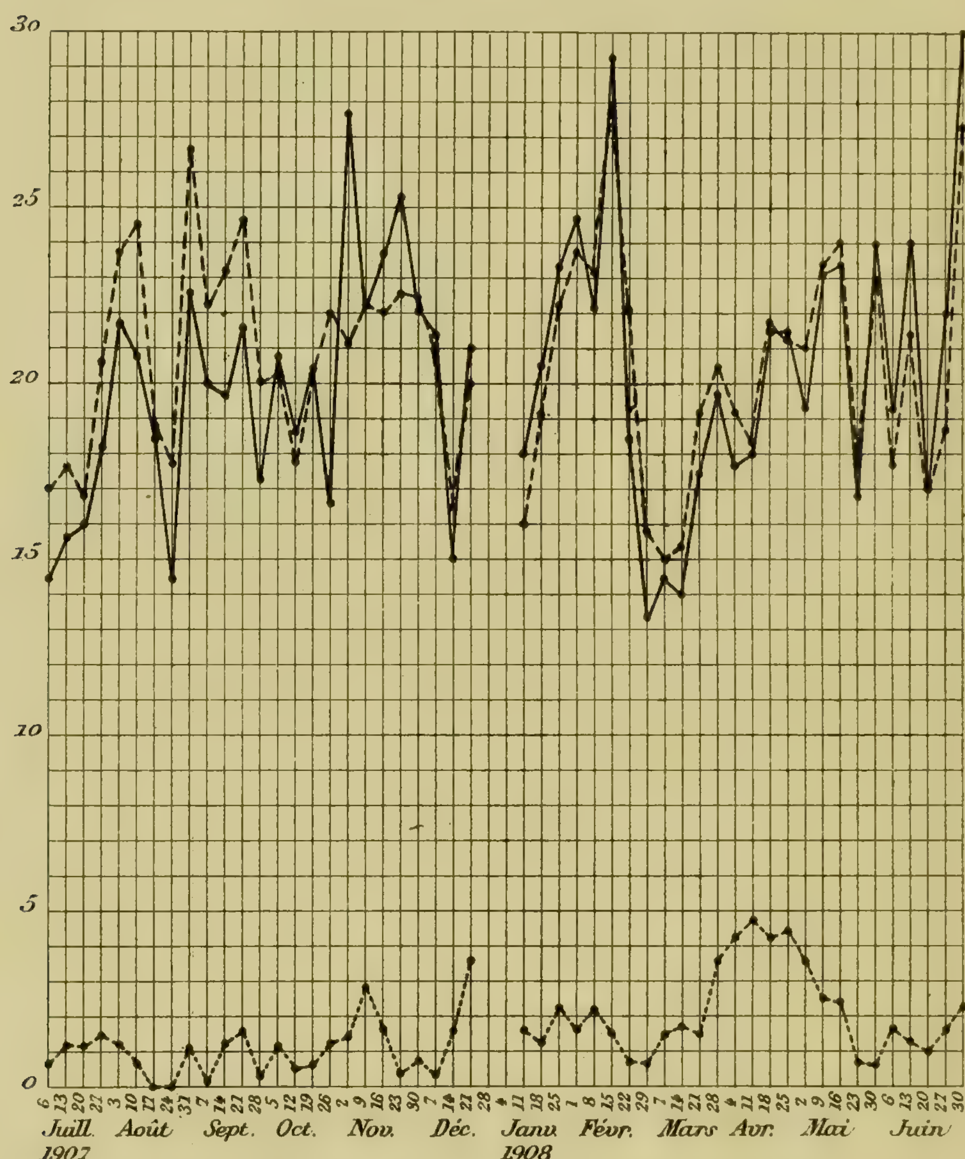
	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.	Effluent des lits bactériens à percolation.
	—	—	—
1906-1907	12,6	15,1	1,2
1907-1908	20,2	20,6	1,6

TABLEAU II.

Oxygène absorbé en 4 heures.

DATES	EAU BRUTE	EFFLUENT des fosses septiques	EFFLUENT des lits bactériens
1er juillet. . au 6 juillet 1907	50,2	30,5	4.4
7 — 13 —	41,2	34	6.1
14 — 20	50,3	46,3	6,6
21 — 27 —	55,6	49,8	7,5
28 — 3 août	56,2	45,1	6,8
4 août 10	53,9	48,8	6,4
11 — 17	45,1	48,5	6,0
18 — 24	44,5	40,3	4,9
25 — 31 —	55,4	49,8	5,9
1er septembre. 7 septembre	50	42,4	4.8
8 — 14 —	50,1	49,3	5,7
15 — 21 —	47,3	41,5	6.7
22 — 28 —	48,7	41,6	4.9
29 — 5 octobre.	52,6	39,2	5.0
6 octobre. . . 12 —	43,2	52,6	4,8
13 — 19 —	48,1	39,9	4,9
20 — 26 —	41,0	36,9	5,0
27 — 2 novembre	55,1	58,5	6,1
3 novembre. . 9 —	51,6	39,8	5,9
10 — 16 —	53,2	42,9	6,0
17 — 23 —	55,7	48,1	4.5
24 — 30 —	48,8	38,3	4,6
1er décembre . 7 décembre	44	55,4	4,6
8 — 14 —	37,4	52,3	5,5
15 — 21 —	49,0	40,2	8,7
22 — 28 —	—	—	—
29 — 4 janvier 1908	—	—	—
5 janvier. . . 11 —	50,6	36,8	6,4
12 — 18 —	55,4	42,5	7.6
19 — 25 —	54,4	46,5	8,7
26 — 1er février	49,5	41,2	6,1
2 février . . . 8 —	52,5	48,9	7.9
9 — 15 —	62,3	53,1	7.7
16 — 22 —	45,5	37,9	6,4
23 — 29 —	54,7	30,3	5,2
1er mars. . . . 7 mars.	53	29,9	6,7
8 — 14 —	58	33,6	2,7
15 — 21 —	45,7	42,4	7
22 — 28 —	46	45,2	8,9
29 — 4 avril.	45,8	46,9	12
5 avril . . . . 11 —	46,9	41,5	11,1
12 — 18 —	56,4	53,8	11.8
19 — 25 —	43,8	42,4	11,2
26 — 2 mai	41,1	43,5	8,9
3 mai. . . . . 9 —	56,1	55,3	9,5
10 — 16 —	51,9	51,3	8.5
17 — 23 —	46,1	39,3	10,0
24 — 30 —	57,1	52,1	12,3
31 — 6 juin	46,9	49,4	9.5
7 juin. . . . . 13 —	39,4	44,4	8.7
14 — 20 —	48,8	44	10.1
21 — 27 —	57,5	48,4	9,3
28 — 30 —	52,7	55,5	10.3
Moyenne annuelle.	48,6	43,0	7.2

Malgré cette augmentation très importante de la quantité d'ammoniaque à nitrifier le coefficient d'épuration a été de



Graphique n° 2. — Ammoniaque libre ou saline (milligr. par litre).
Eau brute.
Effluent des fosses septiques.
Effluent des lits bactériens.

92 *pour* 100, contre 90-91 *pour* 100 *en* 1906-1907 (voir *tableau* III et *graphique* 2).

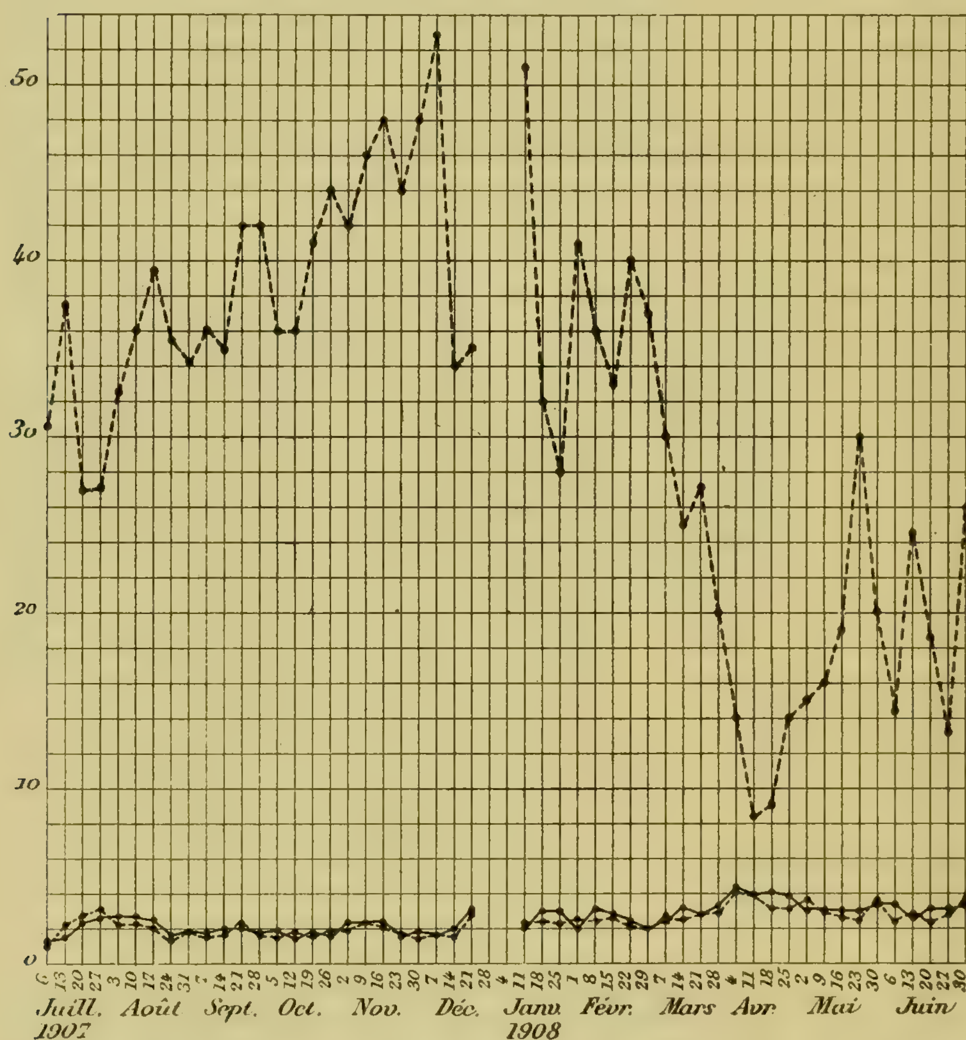
Oxygène emprunté en 3 minutes au permanganate avant et après incubation à l'étuve à 30° (*incubator-test*). — Comme le

Tableau III.

Ammoniaque libre ou saline en AzH^3.

DATES	EAU BRUTE	EFFLUENT des fosses septiques	EFFLUENT des lits bactériens
1er juillet. . au 6 juillet 1907	14,6	17	0,7
7 — 13 —	15,7	17,6	1,2
14 — 20 —	16,0	16,9	1,2
21 — 27 —	18,2	20,7	1,4
28 — 3 août	21,7	25,8	1,2
4 août . . . . 10 —	20,8	24,5	0,6
11 — 17 —	18,4	18,7	0
18 — 24 —	14,4	17,8	0
25 — 31 —	22,6	26,6	1,1
1er septembre. 7 septembre	20	22,5	0,4
8 — 14 —	19,7	25,1	1,2
15 — 21 —	21,6	24,6	1,6
22 — 28 —	17,4	20	0,5
29 — 5 octobre	20,8	20,4	1,1
6 octobre. . . 12 —	18,6	17,8	0,5
13 — 19 —	20,4	20,4	0,6
20 — 26 —	16,6	22,0	1,2
27 — 2 novembre	27,7	21,1	1,4
3 novembre. . 9 —	22,5	22,5	2,9
10 — 16 —	25,8	22	1,6
17 — 23 —	25,5	22,6	0,4
24 — 30 —	22	22,5	0,6
1er décembre . 7 décembre	21,4	21	0,5
8 — 14 —	15	16,5	1,6
15 — 21 —	21	20	5,6
22 — 28 —	—	—	—
29 — 4 janvier 1908	—	—	—
5 janvier. . . 11 —	18	16	1,6
12 — 18 —	20,5	19,1	1,5
19 — 25 —	25,5	22,5	2,2
26 — 1er février	24,7	25,8	1,6
2 février . . . 8 —	22,1	25,1	2,2
9 — 15 —	29,5	28	1,5
16 — 22 —	18,4	22,1	0,7
23 — 29 —	15,4	15,8	0,6
1er mars. . . . 7 mars	14,5	15	1,5
8 — 14 —	14	15,5	1,7
15 — 21 —	17,5	19,2	1,5
22 — 28 —	19,8	20,5	5,6
29 — 4 avril	17,7	19,1	4,5
5 avril . . . . 11 —	18	18,5	4,8
12 — 18 —	21,5	21,7	4,5
19 — 25 —	21,5	21,5	4,4
26 — 2 mai	19,4	21	5,6
3 mai. . . . . 9 —	25,1	23,5	2,5
10 — 16 —	25,5	24	2,4
17 — 23 —	16,8	17,6	0,6
24 — 30 —	24,0	23	0,6
31 — 6 juin	19,5	17,7	1,6
7 juin. . . . . 13 —	24	21,4	1,2
14 — 20 —	17	17	1,0
21 — 27 —	22	18,7	1,6
28 — 30 —	31	27,5	2,5
Moyenne annuelle	20,2	20,6	1,6

montrent le tableau IV et le graphique 3, pendant toute l'année aucun effluent n'a été putrescible; et si les résultats numériques sont un peu plus forts que ceux de l'an dernier,



Graphique n° 3. — Effluent des lits bactériens à siphons percolateurs.

——— Oxygène absorbé en 3 minutes avant incubation.

+++++++ — — après —

-------- Nitrates.

cela est dû à un résidu plus important de matière oxydable par le permanganate, puisque l'eau d'égout à épurer était beaucoup plus contaminée.

	Avant incubation.	Après incubation.
1906-1907	1,67	1,58
1907-1908	2,5	2,3

TABLEAU IV.

Effluents des lits bactériens à siphons percolateurs.

DATES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES avant l'incubation	après l'incubation	NITRATES	NITRITES
1er juillet . . au 6 juillet 1907 . . .	1,2	1,0	30,6	1,2
7 — 13 — . . .	1,6	2,1	37,6	1,1
14 — 20 — . . .	2,3	2,5	27	1,0
21 — 27 — . . .	2,7	3,0	27.1	1,4
28 — 3 août	2,6	2,2	32,6	1,6
4 août . . . . 10 — . . .	2,5	2,2	36	1,3
11 — 17 — . . .	2,3	2,0	39,3	0,6
18 — 24 — . . .	1,7	1,3	35,4	0
25 — 31 — . . .	1,9	1,9	34,2	0,9
1er septembre. 7 septembre . . .	1,8	1,7	36	traces.
8 — 14 — . . .	2,1	1,9	35	—
16 — 21 — . . .	2,1	2,3	42	—
22 — 28 — . . .	1,8	1,7	42	—
29 — 5 octobre . . .	1,9	1,7	36	0
6 octobre. . . 12 — . . .	1,6	1,8	36	0
13 — 19 — . . .	1,8	1,7	41	0,2
20 — 26 — . . .	1,7	1,9	44	0,6
27 — 2 novembre . . .	2,2	2,0	42	traces.
3 novembre. . 9 — . . .	2,2	2,2	46	0,6
10 — 16 — . . .	2,2	2,1	48	0,6
17 — 23 — . . .	1,6	1,7	44	0
24 — 30 — . . .	1,8	1,6	48	0,5
1er décembre . 7 décembre . . .	1,6	1,7	53	traces.
8 — 14 — . . .	1,9	1,6	34	1,1
15 — 21 — . . .	2,8	2,7	35	1,4
22 — 28 — . .	—	—	—	—
29 — 4 janvier 1908. . .	—	—	—	—
5 janvier. . . 11 — . . .	2,1	2,2	51	0
12 — 18 — . . .	2,9	2,4	32	0
19 — 25 — . . .	2,9	2,3	28	0
26 — 1er février.	2,1	2,5	41	traces.
2 février . . . 8 — . . .	3,1	2,4	36	—
9 — 15 — . . .	2,7	2,6	33	—
16 — 22 — . . .	2,4	2,2	40	—
23 — 29 — . . .	2,0	1,9	37	—
1er mars. . . . 7 mars	2,3	2,4	30	0,5
8 — 14 — . . .	3,1	2,5	25	0,6
15 — 21 — . . .	2,7	2,7	27	0,5
22 — 28 — . . .	3,3	3,1	20	0,4
29 — 4 avril	4,2	4,1	14	0,7
5 avril . . . . 11 — . . .	4,0	3,9	8,3	0,6
12 — 18 — . . .	4,1	3,3	9	0,5
19 — 25 — . . .	3,9	3,2	14	0,4
26 — 2 mai	3,1	3,7	15	0,5
3 mai. . . . . 9 — . . .	3,0	2,9	16	0,3
10 — 16 — . . .	2,8	2,7	19	traces.
17 — 23 — . . .	2,8	2,5	30	—
24 — 30 — . . .	3,4	3,6	20	—
31 — 6 juin	3,2	2,5	14,4	traces.
7 juin. . . . . 13 — . . .	2,6	2,7	24,6	traces.
14 — 20 — . . .	3,0	2,3	18,7	0,4
21 — 27 — . . .	3,0	2,8	13,4	traces.
28 — 30 — . . .	3,2	3,6	26	1,3
Moyenne annuelle	2,5	2,3	32,0	0,4

Pendant les 6 périodes d'analyses complètes nous avons dosé avant et après incubation les nitrates, nitrites et ammoniaque (*tableau* V).

TABLEAU V. — **Analyse des effluents des lits bactériens avant et après 7 jours d'incubation à 30°.**

PÉRIODES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES		AMMONIAQUE		NITRATES		NITRITES	
	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS
1907. — Du 8 au 14 décembre.	1,9	1,6	1,6	0,6	34,0	37,0	1.1	2,7
1908. — Du 16 au 22 février. . .	2,4	2,2	0,7	traces	40,0	52,0	traces	1,0
16 au 22 mars.	2,7	2,7	1,5	0,4	27,0	42,7	0,5	3,1
12 au 18 avril.	4,1	3,3	4,3	3,1	9,0	8,0	0,5	2,8
10 au 16 mai. .	2,8	2,7	2,4	1,8	19,0	24,3	traces	3,4
21 au 27 juin. .	3,0	2.8	1,6	1,4	13,4	9.5	traces	2.,
Moyenne. .	2,8	2,5	2,0	1,2	23,7	27,6	0,45	2,6

L'ammoniaque est en diminution sensible : de 2 à 1,2. Elle continue à être oxydée pendant l'incubation à 30° par les ferments nitrificateurs. Cette oxydation est rendue plus sensible par l'augmentation des nitrates (de 23,7 à 27,6) et des nitrites de (0,45 à 2,6).

Pendant une seule période, — celle du 12 au 18 avril 1908, — les nitrates ont diminué de 1 milligramme; mais, par contre, les nitrites ont augmenté de 2^{mg},3 et l'ammoniaque a diminué de 1^{mg},2.

Cet exemple nous permet de rappeler ce fait que nous avions déjà signalé, à savoir que la proportion des nitrates est peu importante pourvu qu'il ne reste plus de matières organiques oxydables dans l'eau épurée. Les nitrates peuvent d'ailleurs, comme cela a été démontré, concourir eux-mêmes à la destruction de la matière organique.

D. **Nitrates** (*tableau* IV). — La production de nitrates a été très variable et, ce qui semble assez imprévu, on remarque dans le graphique 3 que c'est pendant la saison froide que la

nitrification est la plus intense. Les nitrates augmentent progressivement de juillet à janvier pour diminuer assez rapidement et présenter un minimum en avril. Il sera intéressant de voir l'an prochain si pareille chose se représente et si l'explication que l'on peut proposer est suffisamment exacte.

Nous pensons que les ferments nitrificateurs exercent facilement leur action même à basse température, tandis que les ferments dénitrifiants, qui tout compte fait concourent eux aussi à l'épuration, ne peuvent agir qu'à une température relativement élevée.

*
* *

E. **Nitrites** (*tableau* IV). — Les nitrites n'ont pas été représentés sous forme de graphique, car leur quantité est toujours faible. La formation de nitrites n'est pas dépendante de celle des nitrates et on verra par le tableau IV que, pendant certaines semaines, les nitrites et les nitrates ont été abondants, tandis que pendant d'autres semaines les nitrates ont diminué et les nitrites n'ont pas augmenté. Il y a certainement des circonstances favorables ou défavorables aux ferments nitreux ou aux ferments dénitrificateurs, qu'il est difficile de déterminer.

*
* *

F. **Oxygène dissous**. — Les effluents des lits bactériens ont toujours été saturés d'oxygène; c'est du reste ce qui explique en partie la formation de nitrates et de nitrites dans les eaux soumises à l'incubation.

*
* *

G. **Carbone organique**. — Nous avions montré l'an dernier que le carbone dissous diminue après le passage dans les fosses septiques. Ce phénomène s'est reproduit pendant la plupart des périodes d'analyses, sauf toutefois pour celle de mars où les quantités furent très voisines, et surtout pour celle de juin où il y eut une augmentation. Pour la généralité des cas, l'explication que nous avions donnée semble exacte. Comme nos dosages ont été effectués sur l'eau *décantée* et *non filtrée* et qu'il existe toujours dans les eaux brutes des matières

colloïdales qui fermentent ou se déposent dans la fosse septique, il doit y avoir un abaissement sensible du taux de carbone organique dans l'effluent de ces fosses. Quant à l'augmentation, elle peut provenir de certaines matières telles que les composés amylacés qui se dissolvent sous l'action des diastases microbiennes.

En prenant la moyenne des résultats obtenus pendant les six périodes, la proportion de carbone brûlé dans les lits est par rapport à :

L'eau brute	92,5 0/0
L'eau brute décantée	78,9 0/0
L'effluent des fosses septiques	77,3 0/0

H. **Azote organique.** — Nous avons constaté durant les cinq premières périodes d'analyses une perte d'azote organique pendant le séjour des eaux en fosse septique ; c'est seulement lors de la dernière période qu'il y eut enrichissement très net. Par contre, sauf pour cette dernière période, la quantité d'ammoniaque a toujours été plus forte dans l'effluent des fosses septiques que dans l'eau brute.

La proportion d'azote organique disparu dans l'effluent des lits bactériens est par rapport à :

L'azote organique total de l'eau brute.	80,6 0/0
— dissous de l'eau brute	67,9 0/0
— dissous de l'effluent des fosses septiques.	60,7 0/0

I. **Matières organiques en solution. — Oxydabilité au permanganate.** — Nous avons, dans les précédents volumes, attiré l'attention sur la valeur très relative de ce dosage ; nous n'y reviendrons pas.

Comme nous l'avions signalé antérieurement, les titrages en liqueur alcaline donnent toujours des résultats plus faibles que ceux obtenus par les titrages en liqueur acide.

Pour les six périodes d'analyses complètes, la diminution de l'oxydabilité a été par rapport à

	En solution acide.	En solution alcaline.
L'eau brute.	86,9 0/0	83,4 0/0
L'effluent des fosses septiques.	80,5 0/0	80,9 0/0

Ces résultats sont très voisins de ceux de l'année précédente, surtout si l'on tient compte de l'augmentation de la pollution.

*
* *

K. **Alcalinité.** — La diminution de l'alcalinité des eaux après leur passage sur lits bactériens a déjà été remarquée. Nous avons voulu vérifier ce fait et nous avons effectué, pendant les cinq dernières périodes d'analyses de 1908, le dosage de l'alcalinité sur l'eau brute, sur l'effluent de la fosse septique et sur celui des lits bactériens. La moyenne des résultats (exprimée en carbonate de chaux) portés au tableau I donne :

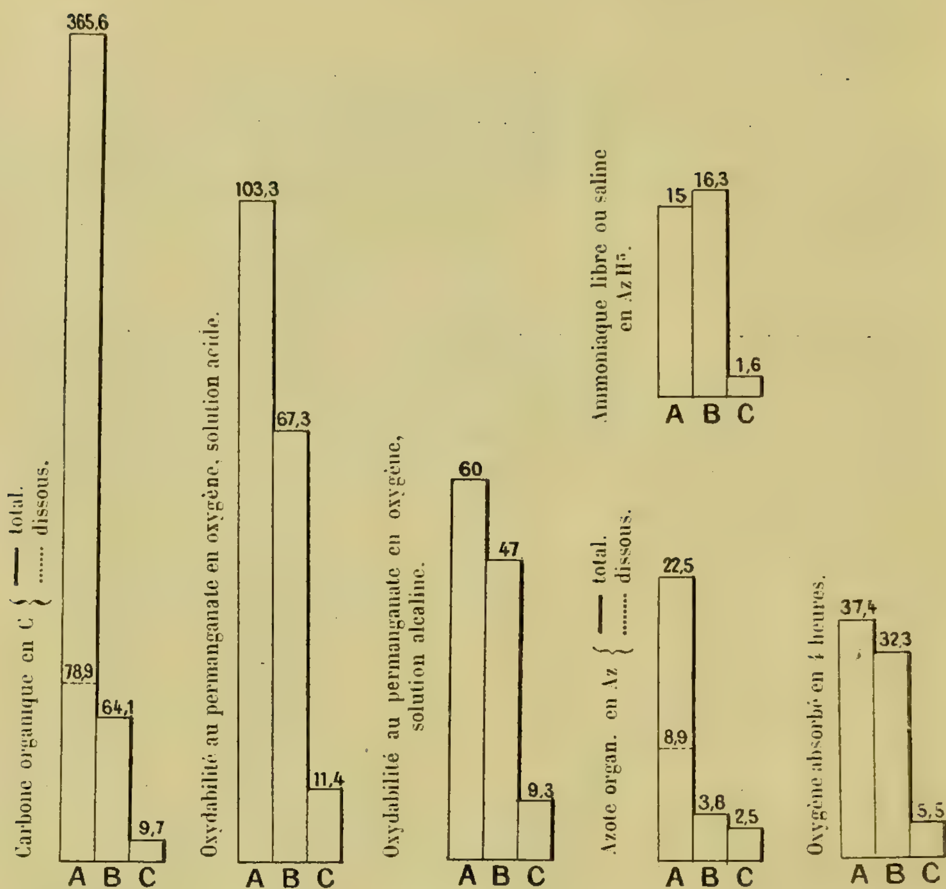
Eau brute	0gr,4692 par litre.
Effluent de la fosse septique.	0gr,4696 —
— des lits bactériens	0gr,3578 —

Pendant trois périodes (mars, avril et juin) l'alcalinité s'est accrue par le passage dans la fosse septique, tandis que pendant les deux autres (février et mai) elle a diminué. Pour l'effluent des lits bactériens, la diminution a été constante et en moyenne de 23,8 pour 100.

Il semble donc qu'on puisse affirmer que, lorsqu'une épuration biologique est en bonne marche, l'alcalinité diminue dans l'effluent des lits bactériens.

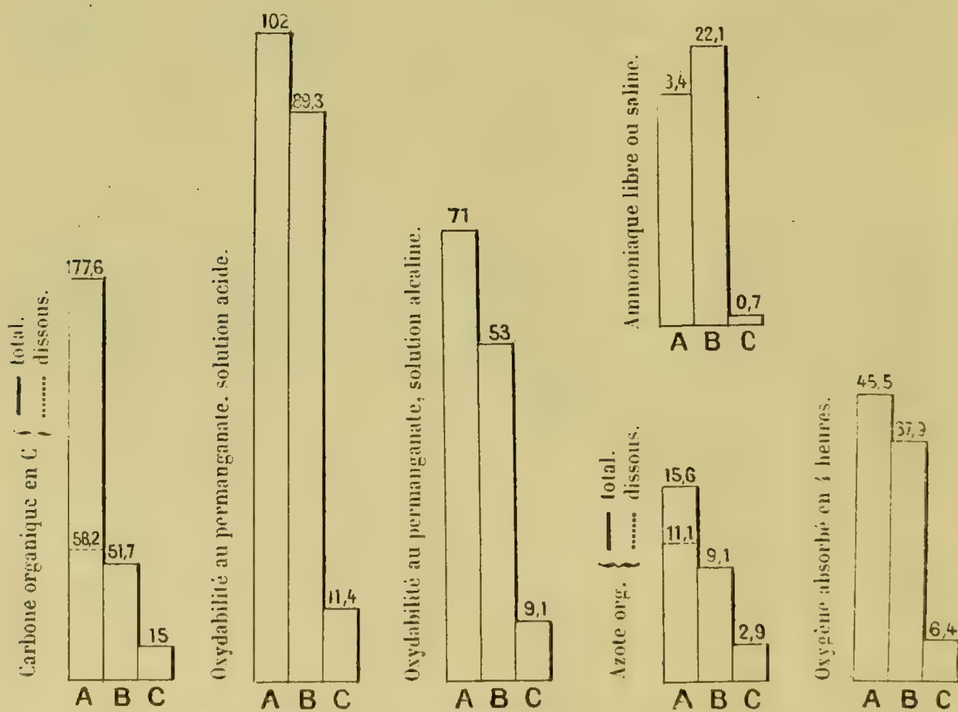
*
* *

Nous présentons ici, sous forme de graphiques (nos 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10) les résultats moyens fournis par les analyses complètes des six périodes de six jours et les résultats moyens fournis par les analyses quotidiennes de douze mois consécutifs de juillet 1907 à juin 1908.



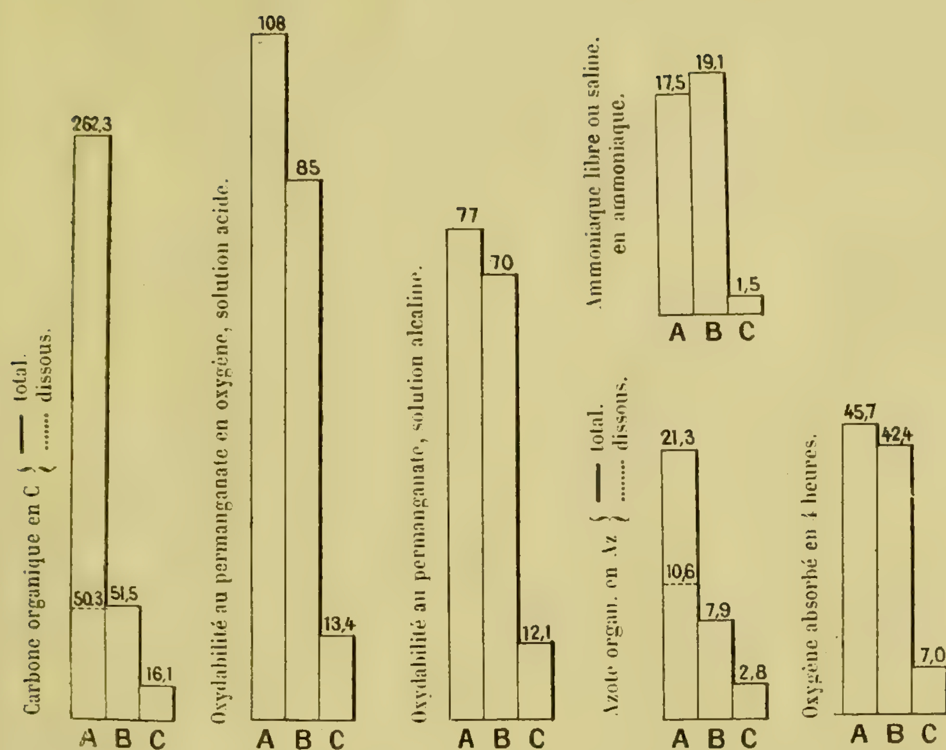
Graphique n° 4. — Analyses du 8 au 14 décembre 1907.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.

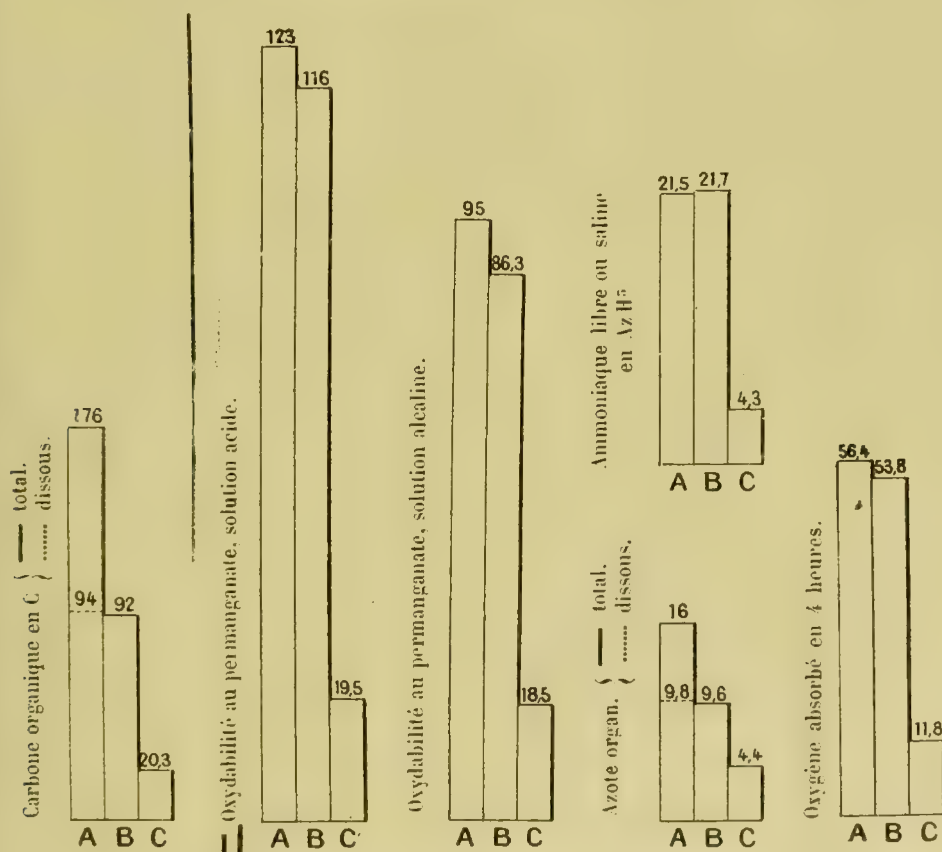


Graphique n° 5. — Analyses du 16 au 22 février 1908.

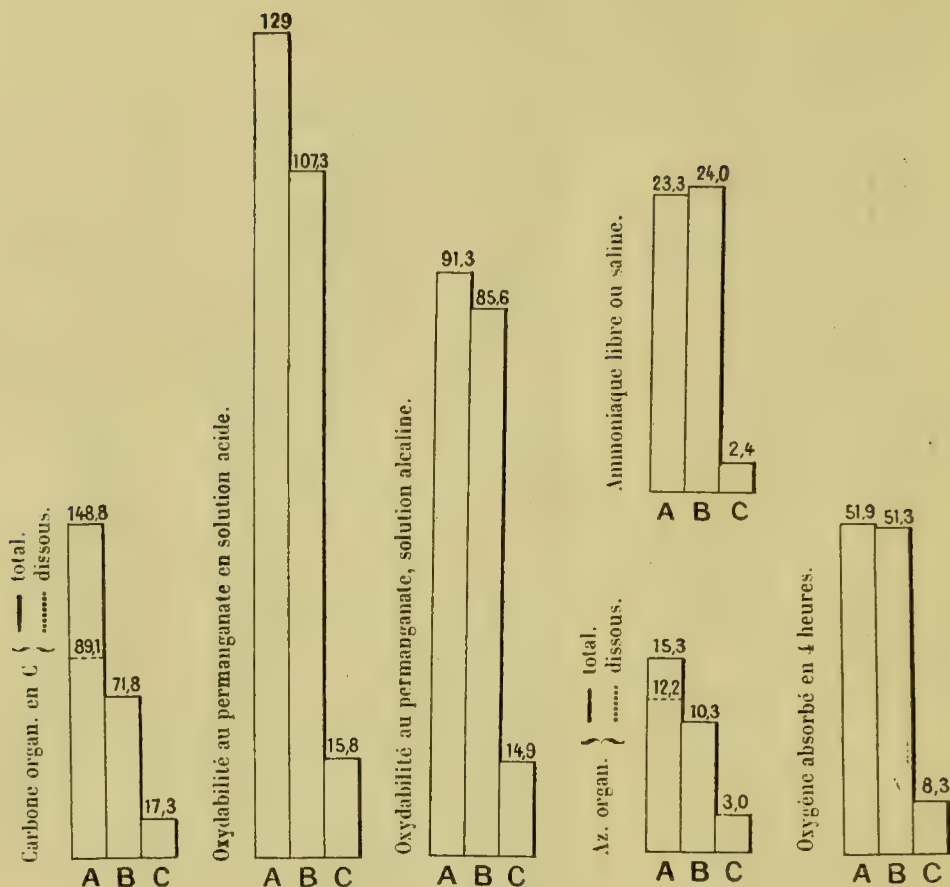
A Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



Graphique n° 6. — Analyses du 16 au 22 mars 1908.
A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.

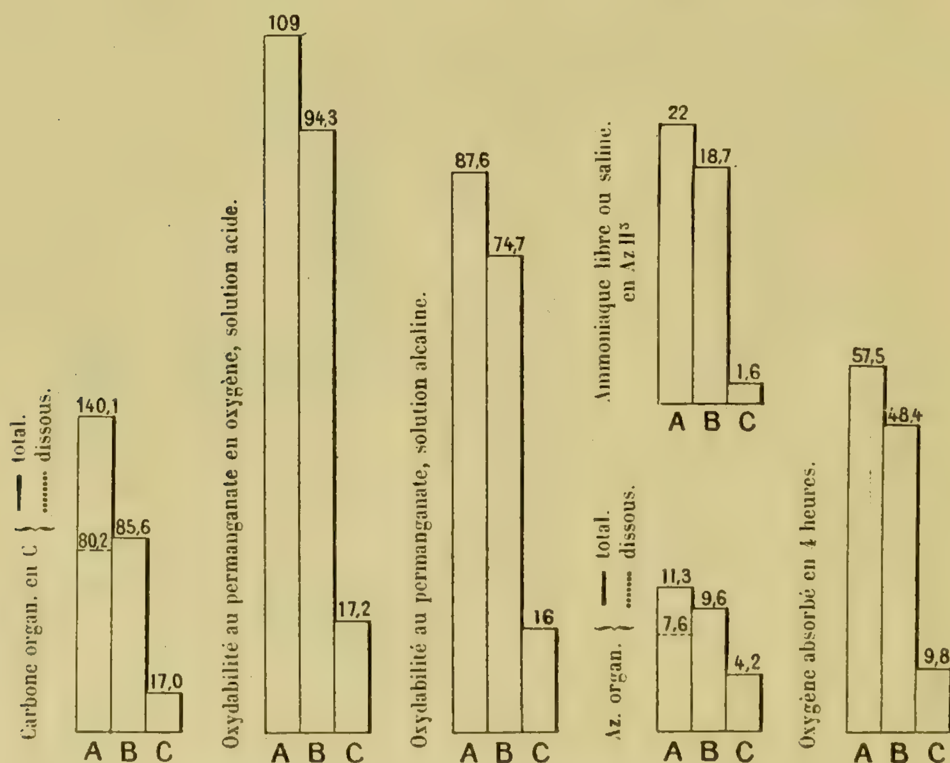


Graphique n° 7. — Analyses du 12 au 18 avril 1908.
A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



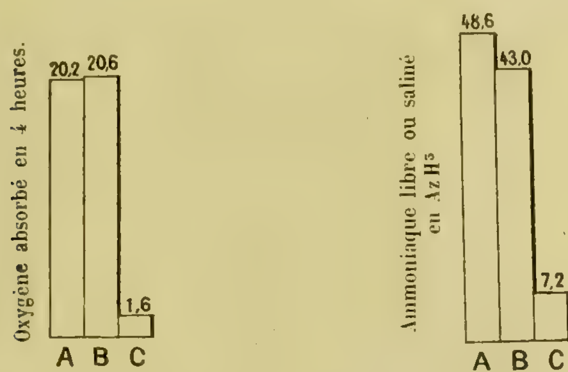
Graphique n° 8. — Analyses du 10 au 16 mai 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



Graphique n° 9. — Analyses du 21 au 27 juin 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.



Graphique n° 10. — Moyennes des analyses quotidiennes de douze mois (juillet 1907 à juin 1908).

A. Eau brute. — B. Effluent des fosses septiques. — C. Effluent des lits bactériens.

CHAPITRE III

ROLE DES FOSSES SEPTIQUES (*septic tanks*) DANS L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

Le rôle que remplissent les fosses septiques dans l'épuration biologique des eaux d'égout est encore très discuté. Certains auteurs, particulièrement *P. Vincey* (¹) et *S.-K Dzerszgowski* (²), estiment qu'elles se bornent à assurer une décantation convenable des matières organiques et minérales en suspension, et qu'elles ne font ainsi qu'éviter le trop rapide colmatage des lits bactériens. D'autres, plus nombreux (*Cameroun, G. Fowler, J. Watson, Dunbar, Thumm, W. Favre*) et parmi lesquels nous nous plaçons résolument, affirment que ces fosses sont le siège de réactions de désintégration des matières organiques, aboutissant à la dissolution ou à la gazéification d'une importante proportion de celles-ci.

Nous nous proposons d'établir, dans ce chapitre, l'existence et l'importance de ces réactions de désintégration.

Les expériences sur lesquelles *S.-K. Dzerszgowski* base son opinion contraire à la nôtre ont été exécutées à *Tsarskoé-Sélo*, sur les eaux d'égout provenant de la maison des gardiens du palais impérial, où habitent 500 personnes. La fosse septique de cette installation, construite d'après le type des *septic tanks* anglais, a une capacité de $40^{m^3},245$ sur $8^m,464$ de longueur, $2^m,406$ de largeur et $1^m,98$ de profondeur. Elle est munie de deux chicanes de surface et couverte d'une voûte en ciment armé.

Disons tout de suite que cette disposition est très défec-

(¹) P. Vincey, *Bull. de la Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale*, déc. 1907.

(²) Dzerszgowski, *Arch. des Sciences biologiques*, n° 1, Saint-Pétersbourg, 1907

tueuse, car dans une fosse d'aussi faibles dimensions les deux chicanes de surface, sans chicane de fond, obligent le courant à balayer constamment devant lui les matières fines qui tendent à se précipiter : elles empêchent ainsi leur dépôt de s'effectuer et les substances putrescibles échappent dès lors aux actions fermentatives, qui n'ont pas le temps de s'établir.

Pendant une première période de 508 jours, cette fosse a reçu 10400 mètres cubes d'eau d'égout et, au bout de ce temps, les boues du fond et celles de surface contenaient 710 kilogrammes de matières organiques et 286 kilogrammes de matières minérales. Elles occupaient 19,8 pour 100 de la capacité initiale.

En hiver, la température de l'eau oscillait entre +9 et +6 degrés; pendant l'été, elle atteignait, au maximum +11°,6.

La fosse recevait non seulement les matières de vidange et les eaux-vannes ménagères, mais encore les eaux résiduaires de buanderie. Or, c'est encore là une condition très défavorable au bon fonctionnement d'une fosse septique d'aussi faible capacité, à cause des apports très irréguliers des liquides fortement alcalins qui proviennent du lavage du linge et des perturbations que ces apports, souvent brusques, produisent dans les fermentations anaérobies.

Pendant une seconde période de 662 jours, le débit moyen journalier de la fosse fut de 59^{m3},507 litres. Il s'y déposa 1152 kilogrammes de matières organiques et 109 kilogrammes de matières minérales. Une partie de ces dernières provenaient de ce que l'on avait dû réparer la couverture en ciment et de ce qu'une partie des gravats était tombée dans le liquide.

Les analyses montrèrent :

1° Que chaque litre d'eau d'égout perd, en traversant la fosse, 28^{mg},87 de matières organiques, 4^{mg},95 d'azote organique, et s'enrichit de 4^{mg},50 d'ammoniaque ;

2° Que 134^{gr},4 de matières organiques seulement, soit 0,014 pour 100, sont désintégrées à l'état gazeux dans la fosse, la totalité du surplus se retrouvant dans l'effluent.

Ces chiffres ne sauraient être discutés. Ils prouvent que la fosse de *Tsarskoé-Sélo* fonctionne dans des conditions défectueuses, mais ils ne justifient pas la conclusion générale qu'en tire *Dzerszgowsi*, à savoir que « la fosse septique ne fait subir

que des modifications peu notables aux matières polluant les eaux d'égout, et que son principal rôle est de séparer les particules organiques en suspension ».

Dans une fosse septique en bonne marche, convenablement et régulièrement alimentée, comme celle de la station expérimentale du professeur *Dunbar*, à *Hambourg*, *W. Favre*[1] a parfaitement démontré qu'au contraire les matières organiques y sont plus ou moins rapidement désintégrées suivant leur nature. Nous avons répété la plupart de ses expériences avec les mêmes résultats. En expérimentant séparément avec de l'albumine d'œuf coagulée, de la viande crue ou cuite, des graisses, du papier, etc..., placés dans des récipients en toile métallique et immergés, les uns dans la fosse septique, d'autres dans de l'eau d'égout stagnante, d'autres encore dans de l'eau courante, *W. Favre* a déterminé les pertes de poids que subissaient ces diverses substances en des temps variables et à la même température (16 à 17°).

Il a constaté ainsi qu'en six semaines 100 grammes d'albumine d'œuf cuite ne laissent plus qu'un gramme de résidu dans la fosse septique, tandis qu'il en restait 76 grammes dans l'eau d'égout stagnante et 83 grammes dans l'eau courante.

Déjà après trois semaines 75 pour 100 de l'albumine avait disparu.

La viande crue, et plus encore la viande cuite augmentent d'abord de poids par absorption d'eau. Elles se corrodent ensuite et se dissolvent. En trois semaines, dans la fosse septique, la viande crue perd 49 pour 100 de son poids; en six semaines 96 pour 100. Dans l'eau stagnante le changement d'état est beaucoup plus lent : la perte n'est que de 15 pour 100 en six semaines. Dans l'eau courante la désagrégation ne commence à s'effectuer qu'après 15 jours pour la viande crue, après trois semaines pour la viande cuite.

La chair de poisson, plus altérable, disparaît totalement en deux semaines. Les animaux entiers (pigeon) sont très énergiquement attaqués dans leurs parties albumineuses, mais la graisse de leur revêtement cutané les protège assez longtemps contre la putréfaction.

(1) W. Favre, *Gesundheits Ingenieur*, 1907.

D'une manière générale, les albuminoïdes, notamment les collagènes et la kératine, se dissolvent avec une grande rapidité. Même les substances qu'on pourrait croire très résistantes, comme les cartilages et les tendons, perdent en cinq semaines, les premiers 99 pour 100, les seconds 65 pour 100 de leur poids. La laine et les plumes se décomposent aussi : dans le même temps, la perte de poids fut de 50 pour 100.

Le cuir de bœuf tanné reste inaltéré. Les graisses sont particulièrement résistantes, mais elles finissent à la longue par se dédoubler partiellement en acides gras et en glycérine.

Les hydrates de carbone ou les corps riches en hydrates de carbone (choux, pommes de terre) se décomposent dans la fosse septique avec la plus grande facilité. Une demi-tête de chou cru pesant 675 grammes et une demi-tête de chou cuit pesant 835 grammes ont été à peu près entièrement dissous en six semaines (99 et 99,5 pour 100).

La cellulose (toile de lin, corde, papier) est également désintégrée. Une corde de chanvre, après cinq semaines de séjour en fosse septique, ne pouvait plus résister sans se rompre à un effort de traction de 15 grammes, tandis que d'autres morceaux de la même corde, restés le même temps dans l'eau d'égout stagnante ou dans l'eau courante, supportaient encore des poids de 12 kilogrammes.

Le papier de journal commence à se dissoudre après trois semaines en dégageant des bulles de gaz. Dans l'eau stagnante et dans l'eau courante il se ramollit, mais ne subit aucun changement appréciable.

Par contre, les bouchons de liège demeurent constamment intacts jusqu'après six semaines d'observation.

On voit donc que, dans les conditions favorables de température et de milieu, les fosses septiques désintègrent avec énergie une foule de substances, et les actions microbiennes qui s'y exercent sont évidemment plus puissantes sur de fines particules de matières organiques que sur les matières volumineuses expérimentées comme il a été dit ci-dessus.

Le retard considérable que subit la décomposition de ces mêmes matières dans l'eau stagnante est apparemment dû à l'accumulation excessive des sécrétions microbiennes qui ne tardent pas à gêner les actions diastasiques et la multiplica-

tion des microbes eux-mêmes. Dans l'eau courante, le retard encore plus marqué s'explique par ce fait que les microbes et surtout leurs sécrétions diastasiques n'ont pas le temps d'agir, étant constamment balayés et entraînés, sauf dans les surfaces anfractueuses où l'influence des courants se fait moins sentir.

Il ne faudrait évidemment pas tirer des expériences si démonstratives de *W. Favre* ni des nôtres cette conclusion que les fosses septiques finissent par dissoudre en totalité les matières putrescibles que leur apportent les eaux d'égout. Inévitablement, un certain nombre de substances organiques échappent à leur action. C'est ainsi que, comme l'ont montré *Kammahn*, *Grâf* et *Korn*, les feuilles de thé, les peaux de fruits cuits, le marc de café, le bois, restent à peu près inaltérés après deux mois de séjour.

D'autre part, toutes les matières aisément solubilisables ne se dissolvent pas avec assez de rapidité pour compenser l'importance des nouveaux apports. Ceux-ci finissent toujours par être en excès, de sorte que, pour éviter une trop grande diminution de la capacité volumétrique des fosses, il devient nécessaire d'évacuer de temps en temps une partie des boues qui s'y accumulent.

Les quantités de boues qu'on se trouve ainsi obligé d'enlever sont évidemment variables suivant la composition moyenne des eaux d'égout. Lorsque celles-ci contiennent une forte proportion de matières minérales (argile, par exemple), les dragages devront être plus fréquents. Ils seront en tout cas d'autant plus rares que les matières minérales seront moins abondantes et que l'apport moyen journalier des substances organiques putrescibles permettra aux fermentations de s'y accomplir avec plus de régularité.

Nous aurions voulu, dans nos expériences de la station expérimentale de *la Madeleine*, pouvoir montrer d'une façon précise la destinée des matières en suspension des eaux d'égout. Théoriquement, il eût dû suffire de déterminer chaque jour la quantité de matières déversées dans la fosse septique, puis, après un certain temps, extraire tous les dépôts boueux accumulés dans la fosse et les peser : la comparaison des nombres ainsi obtenus eût fourni la mesure du travail accompli dans les fosses. Pratiquement, cette expérience est impossible sur un

grand volume, comme celui sur lequel nous devions opérer (300 mètres cubes).

On peut obtenir assez facilement un échantillon moyen de l'eau brute si l'on ne considère que les matières dissoutes ; au contraire, pour les matières en suspension, il est extrêmement difficile de réaliser un mélange homogène dans le bassin d'échantillonnage avec des matières de densités aussi variables, et l'on ne saurait prétendre que les quelques litres, servant aux analyses, représentent réellement une moyenne journalière.

D'autre part, le dragage d'une fosse d'une contenance de 260 mètres cubes et ayant une superficie de près de 100 mètres carrés, demande le concours de plusieurs ouvriers pendant quelques jours. Suivant le moment et l'habileté de l'ouvrier, les boues extraites entraînent plus ou moins d'eau. Les échantillons, même prélevés en très grand nombre, varient donc considérablement de composition. On ne peut obtenir que des nombres approximatifs susceptibles, il est vrai, de nous renseigner utilement sur l'importance des dragages et sur l'étendue des espaces nécessaires pour l'égouttage des boues, mais ces chiffres ne peuvent en aucune manière être invoqués pour l'établissement d'un bilan du travail des fosses septiques.

Nous avons pensé que la comparaison de la composition des boues contenues dans les eaux brutes (boues fraîches) avec celles extraites de la fosse septique, présenterait un caractère plus scientifique, serait plus démonstrative et nous permettrait, en conséquence, de tirer quelques conclusions d'une exactitude plus satisfaisante.

A cet effet, nous avons recueilli chaque jour, du 8 janvier au 30 juin 1908, par décantation de l'eau brute, un échantillon moyen des boues entraînées par cette eau. Chacun de ces échantillons, séché à 110 degrés, a été conservé dans des flacons bien bouchés. Puis, le 1er juillet suivant, nous avons fait draguer celle de nos deux fosses septiques qui nous servait à l'expérience, et nous avons prélevé en même temps, méthodiquement, de l'entrée à la sortie de cette fosse, vingt-quatre échantillons de boues qui ont été également séchés à 110 degrés et placés dans des flacons bien bouchés.

Dans tous ces échantillons, on a dosé les matières volatiles au rouge, les matières fixes au rouge, l'azote, le carbone et les

matières grasses. Les méthodes de dosage utilisées sont celles que l'un de nous a décrites dans le 1er supplément au IIIe volume de nos *Recherches sur l'épuration des eaux d'égout*[1].

Ne pouvant rapporter ici tous les nombres obtenus, nous en résumons les résultats dans le tableau suivant, qui indique les moyennes, les minima et les maxima :

Composition centésimale des boues fraîches de la Madeleine

	Matières volatiles au rouge 0/0.	Matières fixes au rouge 0/0.	Azote 0/0.	Carbone 0/0.	Matières grasses 0/0.
Moyenne. . .	45,80	54,20	2,04	27,94	15,82
Minimum. . .	40,55	48,45	1,51	19,40	9,08
Maximum . .	51,55	59,45	2,54	36,62	20,30
Proportion 0/0 dans les matières volatiles, au rouge.			4,45	61,00	

Composition des boues de la fosse septique.

	Matières volatiles au rouge 0/0.	Matières fixes au rouge 0/0.	Azote 0/0.	Carbone 0/0.	Matières grasses 0/0.
Moyenne. . .	32,56	97,44	1,54	19,50	7,96
Minimum. . .	28,43	64,94	1,23	15,25	7,12
Maximum . .	35,06	71,57	1,56	21,30	8,80
Proportion 0/0 dans les matières volatiles, au rouge.			4,79	59,92	

On voit que la composition des boues est considérablement modifiée par leur séjour dans la fosse septique. Interprétons d'ailleurs quelques-uns de ces chiffres :

Matières volatiles au rouge. — On admet généralement que la détermination de ces matières indique, dans une certaine mesure, la proportion des substances organiques. Les calculs étant établis sur les mêmes matières sont, à tout le moins, comparables. On peut supposer, d'autre part, que la matière minérale des boues (fixe au rouge) n'a pas sensiblement changé.

Puisque 100 grammes de nos boues fraîches (à l'état sec) contenaient en moyenne 54,20 pour 100 de matières fixes au rouge, alors que 100 grammes de boues fermentées (à l'état sec), en contenaient 67,44, il en résulte que ces dernières proviennent de $\frac{67,44 \times 100}{54,20} = 124$ gr. 4 de boues fraîches. Les boues fermentées ont donc subi une perte de poids de 124gr. 4 (boues fraîches) — 100 grammes (boues fermentées) = 24 g. 4 ou 19,61 pour 100 ; c'est-à-dire que les boues ont perdu, pendant

(1) Masson, éditeur, 1908.

Graphique n° 11. — Volumes de gaz dégagés dans la fosse septique de la Madeleine suivant les saisons, la pression barométrique, les volumes d'eau traitée, les pluies et la température.

leur séjour dans la fosse, environ 20 pour 100 de leur poids, ou 42,81 pour 100 de leur matière organique[1].

Azote et carbone. — Le séjour des boues en fosse septique fait tomber de 34,81 pour 100 la proportion d'azote, et de 30,21 pour 100 celle du carbone.

Mais, dans les matières volatiles au rouge, le taux pour 100 d'azote et de carbone avant et après séjour en fosse septique varie peu ; il semble donc que la matière organique qui échappe aux actions de fermentation est d'une composition analogue à celle qui a disparu, et on peut supposer qu'avec le temps le taux de matières organiques fermentées augmenterait encore.

Matières grasses. — Nous avons vu plus haut que les matières grasses sont très résistantes aux actions microbiennes. Cela est surtout vrai lorsque ces matières sont artificiellement immergées dans le liquide des fosses septiques. Par contre, lorsqu'elles peuvent flotter à la surface et s'oxyder au contact de l'air, elles disparaissent en grande partie. D'après nos analyses, leur taux a diminué de 42,41 pour 100.

Gaz des fosses septiques.

Outre les phénomènes de dissolution dont on ne peut nier l'existence, il est facile de constater qu'une fosse septique en bonne marche est toujours le siège de dégagements gazeux, attestant que la matière organique y subit une désintégration plus ou moins complète. Certains de ces gaz, en particulier l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré se dissolvent en fortes proportions dans le liquide de la fosse. Ce qui ne peut y être dissous se dégage dans l'atmosphère, et les bouillonnements que l'on perçoit à la surface sont, en général, intermittents et ressemblent à ceux produits par une forte ébullition : aussi les volumes de gaz dégagés par jour, mesurés à un endroit déterminé, sont-ils très variables. La seule explication possible de ces variations est que, dans la profondeur de la

(1) En admettant que la perte au rouge représente les matières organiques, on ne tient pas compte de la décomposition de certains composés minéraux, tels que les carbonates. Cette cause d'erreur est plus importante pour les boues de la fosse septique qui contiennent davantage de matière minérale que les boues fraîches. On doit donc considérer les nombres calculés ci-dessus comme des minima.

fosse, les gaz s'accumulent sous des amas de boues et y forment des poches qui ne se crèvent que lorsque leur tension est suffisante pour vaincre la pression du liquide sus-jacent. On ne peut y faire intervenir d'autres causes comme le montrent les courbes réunies ci-après.

Pendant une période assez longue, du 10 février au 24 mai 1908, nous avons maintenu, immergée à l'entrée de la fosse septique ouverte, une cloche cylindrique de 1 mètre carré de surface et de 1 mètre de hauteur, à la partie supérieure de laquelle était disposé un robinet communiquant avec un compteur au moyen d'un tube en caoutchouc. Les indications étaient relevées chaque jour. Elles nous permettaient de calculer en litres les volumes de gaz dégagés par mètre carré de surface liquide.

Nous avons relevé dans le tableau VI les indications données par le compteur. Dans une 2e colonne sont rapportés les volumes d'eau passant chaque jour dans la fosse septique. Les autres volumes donnent la hauteur des pluies tombées, en millimètres, la pression barométrique en millimètres de mercure et les températures maxima et minima.

Tous ces chiffres nous ont permis d'établir les courbes réunies dans le graphique n° 11.

De l'examen de ces courbes nous ne pouvons tirer qu'une seule conclusion qui vient à l'appui de l'explication que nous donnions plus haut : c'est que, plus le volume d'eau qui passe dans la fosse septique est grand, plus important est le dégagement des gaz, au moins dans une certaine mesure. Il est à remarquer que les dimanches, jours où arrivent de faibles volumes d'eau, le dégagement est en général moins abondant que les autres jours. On comprend facilement que, par l'agitation du liquide, les gaz se dégagent plus aisément que dans une eau tranquille, surtout dans une fosse où l'eau doit alternativement passer au fond et à la surface du liquide.

Les dégagements de gaz ne semblent pas influencés par les pluies, la pression barométrique et la température. On peut cependant noter que les gaz se dégagent un peu plus abondamment en été qu'en hiver, ce qui s'explique facilement par l'activité plus grande des fermentations. Cette constatation ne peut se faire que si l'on examine le dégagement des gaz dans les diverses parties de la fosse septique (voir *tableau* VII).

TABLEAU VI. — **Gaz des fosses septiques.**

DATES	LITRES DE GAZ DÉGAGÉS PAR MÈTRE CARRÉ ET PAR JOUR	MÈTRES CUBES D'EAU PASSANT PAR LA FOSSE SEPTIQUE PAR JOUR	PLUIE EN MILLIMÈTRES	PRESSION BAROMÉTRIQUE	TEMPÉRATURE	
					MINIMA	MAXIMA
10 février 1908. . .	235	245	»	779	3,5	7,0
11 — . . .	281	271	0,2	781	—0,2	6,5
12 — . . .	329	250	»	779	—1,0	5,0
13 — . . .	330	251	»	774	0	10,0
14 — . . .	357	238	0,4	774	1,3	10,5
15 — . . .	293	231	»	771	3,8	9,8
16 — . . .	494	108	2,0	771	2,5	10,0
17 — . . .	170	275	2,7	767	2,8	8,6
18 — . . .	188	265	9,5	757	3,2	10,0
19 — . . .	193	251	5,5	762	2,5	9,5
20 — . . .	225	240	2,4	764	4,2	8,5
21 — . . .	342	219	2,6	765	6,4	11,2
22 — . . .	260	240	»	763	5,3	11,0
23 — . . .	197	171	1,7	761	6,0	10,0
24 — . . .	240	314	1,2	758,5	1,5	10,0
25 — . . .	238	290	7 8	761	3,0	6,5
26 — . . .	165	323	5,8	765,5	1,5	8,0
27 — . . .	195	261	4,6	761	3,3	8,3
28 — . . .	182	252	0,1	752	3,0	9,5
29 — . . .	288	279	7,1	748	—0,5	6,5
1er mars 1908 . . .	170	286	3,4	751,5	1,0	5,0
2 — . . .	268	240	0,7	758,5	—0.8	6,5
3 — . . .	232	363	0,8	760	—0,5	6,0
4 — . . .	258	357	1,0	759,5	1,5	5,0
5 — . . .	392	329	2,1	765	0	6,5
6 — . . .	442	352	1,5	756	1,5	8,5
7 — . . .	289	345	6,0	761	4,2	8,5
8 — . . .	183	288	0,3	763	3,2	8,6
9 — . . .	185	414	1,4	755,5	6,1	10,8
10 — . . .	272	341	4,8	751,5	2,0	12,2
11 — . . .	285	341	1,5	756	4,5	9,0
12 — . . .	2[illegible]4	411	2,5	765	0,5	7,5
13 — . . .	219	289	2,6	767,5	0,2	8,0
14 — . . .	224	300	2,3	770	1,0	7,0
15 — . . .	207	142	»	770	—1,4	6,2
16 — . . .	184	288	»	768	—1,5	6,0
17 — . . .	232	302	»	764	1,0	8,5
18 — . . .	242	310	1,7	762,5	2,0	8,5
19 — . . .	291	290	0,3	762,5	—0,2	9,0
20 — . . .	290	275	»	763	—2,0	4,5
21 — . . .	195	310	»	765	1,2	7,0
22 — . . .	189	124	»	762	—1,0	9,0
23 — . . .	212	300	0,4	765	—0,6	11,0
24 — . . .	270	311	»	769	1,2	14,3
25 — . . .	197	450	»	767	0	12,5
26 — . . .	213	347	5,6	767	4,0	13,2
27 — . . .	343	298	3,2	769	3,2	6,0
28 — . . .	273	303	»	769	3,1	12,5
29 — . . .	227	157	2,8	770	1,4	8,5
30 — . . .	189	315	3,1	765	5,5	13,0
31 — . . .	677	335	2,1	761	5,4	13,0

DATES	LITRES DE GAZ DÉGAGÉS PAR MÈTRE CARRÉ ET PAR JOUR	MÈTRES CUBES D'EAU PASSANT PAR LA FOSSE SEPTIQUE PAR JOUR	PLUIE EN MILLIMÈTRES	PRESSION BAROMÉTRIQUE	TEMPÉRATURE	
					MINIMA	MAXIMA
1er avril 1908 . . .	359	306	»	764	2,4	12,0
2 — . . .	361	321	»	766	3,5	12,0
3 — . . .	363	315	0,2	765	7,4	13,4
4 — . . .	254	348	»	764	5,0	14,0
5 — . . .	149	245	4,4	763	1,5	13,0
6 — . . .	307	300	2,5	769	3,8	12,5
7 — . . .	246	304	»	769	3,0	10,0
8 — . . .	392	317	»	768	3,5	13,0
9 — . . .	305	330	»	767	2,0	14,5
10 — . . .	225	325	»	765	6.1	14,2
11 — . . .	256	342	»	764	4,0	14,5
12 — . . .	117	118	»	765	3,0	13,8
13 — . . .	204	282	»	769	4,0	15,0
14 — . . .	260	348	»	767	4,0	9,5
15 — . . .	339	341	»	767	1,0	11,0
16 — . . .	308	342	»	768	2,0	14,0
17 — . . .	311	328	»	767	4,0	18,5
18 — . . .	238	341	0,3	762	4,0	15,2
19 — . . .	77	321	3,6	756	—0,5	12,0
20 — . . .	148	118	2,3	758	—1,0	11,5
21 — . . .	145	365	»	760	—1,0	9,5
22 — . . .	270	515	»	759	4,0	8,9
23 — . . .	221	533	»	756	4,0	11,5
24 — . . .	244	324	1,5	752	4,5	14,0
25 — . . .	263	385	»	754	—1,2	12,0
26 — . . .	199	184	5,8	758	3,5	11,0
27 — . . .	263	383	2,2	760	5,2	9,5
28 — . . .	262	395	1,7	759	6,0	12,0
29 — . . .	167	315	13,5	765	7,2	13,5
30 — . . .	266	372	15,8	770	6,5	15,8
1er mai 1908. . . .	287	394	1,8	769	10,0	17,0
2 —	167	254	»	768	11,5	24,0
2 —	213	114	»	765	12,5	22,5
4 —	253	262	»	760	12,0	22,0
5 —	377	349	»	757	10,5	21,5
6 —	313	309	2,6	756	10,0	20,0
7 —	265	336	5,5	762	8,5	18,5
8 —	235	»	1,2	765	10,0	17,0
9 —	234	330	»	762	12,5	18,5
10 —	111	107	»	765	8,5	16,0
11 —	76	262	»	763	10,0	18,5
12 —	272	219	2,1	760	8,5	20,5
13 —	277	368	0,1	760	8,0	17,0
14 —	278	361	»	760	6,0	18,0
15 —	161	235	0,5	762	9,0	18,5
16 —	261	259	5,0	770	9,5	18,5
17 —	104	»	»	775	8,5	18,0
18 —	163	265	»	777	8,0	18.8
19 —	251	307	»	773	9,0	24,5
20 —	228	341	»	771	12,5	25,5
21 —	277	356	1,6	764	12,5	22.5
22 —	276	271	6,0	764	8,5	28,5
23 —	210	271	1,5	766	4,5	14,0
24 —	142	80	0,8	766	7,0	17,0

Le volume des gaz dégagés par 24 heures diminue rapidement de l'entrée à la sortie de la fosse septique, comme le montrent les expériences suivantes :

Nous avons placé successivement notre cloche dans chaque compartiment de la fosse septique (compartiments limités par les chicanes de surface et par les planches placées pour retenir les écumes). Pendant une semaine nous notions les volumes de gaz dégagés puis nous transportions la cloche dans le compartiment voisin. Cette expérience a été faite d'abord pendant la saison froide (novembre-décembre) puis pendant la saison chaude (mai-juin). Les moyennes sont rapportées dans le tableau VII Connaissant la surface de chaque compartiment, nous avons calculé le volume de gaz dégagé par compartiment d'abord, puis par la fosse entière.

Les volumes varient, par mètre carré et par jour, de 210 *litres* à l'entrée des eaux dans la fosse, à 40 *litres* seulement près de la sortie. La moyenne journalière, par toute la fosse de 100 mètres carrés de superficie et de 260 mètres cubes de capacité, était de 11 *mètres cubes* 137 *litres*.

Tableau VII. — **Volumes des gaz dégagés par la fosse septique.**

COMPARTIMENT		LITRES DE GAZ DÉGAGÉS EN 24 HEURES PAR MÈTRE CARRÉ			MÈTRES CUBES DE GAZ DÉGAGÉS EN 24 HEURES POUR TOUTE LA FOSSE
NUMÉROS	SURFACE	NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1907	MAI ET JUIN 1908	MOYENNE	
1 et 2	14$^{m^2}$,25	200	221	210	2,993
3	11,25	171	169	170	1,913
4	11,25	181	126	153	1,721
5	11,25	127	102	115	1,294
6	12,00	58	112	85	1,020
7	12,00	64	92	78	0,936
8	12,00	40	71	55	0,660
9 et 10	15,00	28	52	40	0.600
Total					11,137

Le volume total, du 8 janvier au 30 juin 1908, a donc été de 1938 *mètres cubes*, soit en chiffres ronds 2000 *mètres cubes pour six mois*.

La composition de ces gaz est également très variable,

comme le montre le tableau ci-après, qui résume un grand nombre d'analyses :

	Acide carbonique.	Méthane.	Hydrogène.	Azote.
Moyenne 0/0 . .	4,5	47,8	22,9	24,8
Minimum — . .	3	37,5	16,2	10,5
Maximum — . .	6,6	59,5	32,8	32,5

Il n'y a de différences bien nettes dans la composition des gaz dans les différents compartiments qu'entre les premiers et les derniers, comme le montrent les moyennes suivantes :

	Acide carbonique.	Méthane.	Hydrogène.	Azote.
2e compartiment.	3,9	51,1	24,3	20,6
3e —	5,2	43,5	24,6	26,7
8e —	6,3	38,0	27.0	28,6

Les gaz dégagés dans les derniers compartiments contiennent une moins grande proportion de méthane et, par contre, tous les autres gaz sont plus abondants. Il est probable que les boues qui se sont déposées à l'extrémité de la fosse sont de nature différente de celles qui se sont accumulées à l'entrée, et que, par suite, les gaz que les fermentations peuvent produire varient de composition. Il faut aussi noter que le liquide des fosses, ayant déjà dissous beaucoup d'acide carbonique, ne peut alors plus en dissoudre et une plus grande quantité de ce gaz se dégage dans l'atmosphère.

Aux gaz dont nous avons rapporté les proportions dans le mélange dégagé, il faut ajouter de petites quantités d'hydrogène sulfuré (maximum 4 pour 1000) de mercaptan et d'autres gaz odorants. Nous avons recherché si ces gaz entraînaient de l'ammoniaque et nous n'en avons trouvé que moins de 1 milligramme dans 1200 litres de gaz.

*
* *

On peut calculer approximativement la proportion de matière organique qui a été désintégrée et gazéifiée dans une fosse septique, en utilisant pour ce calcul les formules hypothétiques suivantes :

1° *Pour l'albumine :*



$$\underset{\text{Albumine}}{4C^8H^{13}Az^2O^3} + \underset{\text{Eau}}{14H^2O} = \underset{\text{Azote}}{4Az^2} + \underset{\text{Méthane}}{19CH^4} + \underset{\text{Ac. carbonique}}{13CO^2} + \underset{\text{Hydrogène}}{4H}$$

D'après cette formule, 1 litre de méthane est produit par $1^{gr},7$ d'albumine.

2° *Pour la cellulose :*



$$C^{12}H^{20}O^{10} + 2H^2O = 6CH^4 + 6CO^2$$

Cellulose — Eau — Méthane — Ac. carbonique

D'après cette formule, 1 litre de méthane est produit par $2^{gr},44$ de cellulose.

Partant de ces données, nous pouvons estimer le poids de matière organique gazéifiée dans notre fosse.

Les 2000 mètres cubes de gaz dégagés pendant la période d'expérience contiennent 47,8 pour 100 de méthane ou 956 mètres cubes, provenant, soit de

$$956 \times 1,7 = 1.625 \text{ kil. } 2 \text{ d'albumine,}$$

soit de

$$956 \times 2,44 = 2.332 \text{ kil. } 6 \text{ de cellulose.}$$

Ces nombres (assurément inférieurs à la réalité puisqu'il n'est tenu compte ni des pertes, ni des gaz dissous, ni des désintégrations gazeuses qui ne forment pas de méthane, mais seulement de l'acide carbonique ou de l'hydrogène) montrent assez clairement que les actions de désintégration en fosse septique ont une importance considérable.

Nous ne saurions donc en aucune manière souscrire aux conclusions de *Dzerszgowski* citées au commencement de ce chapitre, non plus qu'à celles de *M. Vincey*, lorsqu'il déclare que *les fosses septiques paraissent surtout travailler mécaniquement à la manière de simples bassins de décantation.*

Il est incontestable que *la fermentation septique permet de dissoudre une grande partie* (*de* 30 à 50 *pour* 100) *des matières organiques charriées en état de suspension par les eaux d'égout.*

L'expérience montre, en outre, que celles de ces matières qui restent inattaquées sont difficilement putrescibles; il en résulte que les boues des fosses septiques sont extraordinairement inoffensives pour l'odorat: que leur faible altérabilité facilite leur manutention; qu'enfin on peut, sans inconvénient, tolérer leur déversement intermittent dans les fleuves ou les cours d'eau à grand débit.

CHAPITRE IV

LES MATIÈRES ORGANIQUES COLLOÏDALES DES EAUX D'ÉGOUT

Lorsqu'en 1890 *Hiram Mills*, en publiant le résultat de ses expériences de filtration des eaux d'égout sur le sable ou le gravier, montra que, lorsque l'eau s'écoule lentement en couche très mince au large contact de l'air sur la surface du gravier, 97 pour 100 des matières organiques azotées, dont une très grande part pouvait être oxydée, était retenue, il considérait ces matières organiques comme étant en solution. Cependant, depuis ces expériences mémorables, il a été remarqué que, dans certains cas, il pouvait s'accumuler dans les filtres, que nous appelons *lits bactériens*, une quantité de matière organique telle que le travail microbien est impuissant à tout désorganiser, et il s'ensuit un colmatage de la surface des lits auquel on doit remédier. Ces matières difficilement oxydables ont été analysées par *Clark* qui a montré qu'elles contenaient peu d'azote et qu'elles étaient plutôt des matières carbonées analogues à la cellulose.

Les matières organiques se présentent dans les eaux d'égout sous trois états : soit à l'état *solide*, soit en *solution*, soit à l'état *colloïdal*.

Les divers traitements que l'on fait subir aux eaux d'égout pour les épurer permettent d'en éliminer d'une façon plus ou moins complète les *matières en suspension* par décantation ; les *matières colloïdales* sont, pour la plupart, entraînées par précipitation lente ; les *matières solubles* doivent être oxydées par le *travail microbien*.

Après que *G. Fowler* eût observé que l'effluent des fosses septiques de *Manchester* contenait des composés de fer en

solution colloïdale, *Biltz* et *Kröhnke* montrèrent que les matières organiques se trouvent dans les eaux d'égout principalement à l'état colloïdal, car si l'on soumet ces eaux à la dialyse, une petite partie seulement des matières organiques peut dialyser. *Fowler* et *Ardern* ont aussi montré que 60 pour 100 des matières oxydables des eaux d'égout de *Manchester* étaient à l'état colloïdal. Cette proportion est augmentée dans les eaux purement domestiques.

On peut du reste se rendre compte de la présence de ces matières colloïdales dans les eaux d'égout par la simple filtration sur papier. Une filtration rapide donne un liquide aussi trouble et opalescent que l'eau originelle, mais au bout de peu de temps la filtration se ralentit et lorsque l'eau ne filtre plus que goutte à goutte, le liquide recueilli est limpide et transparent. Si on pratique les analyses du liquide qui s'écoule à différents moments, comme l'ont fait *Fowler* et *Ardern*, on trouve des résultats très différents. Lorsque le liquide est limpide, les matières colloïdales *sont restées sur le filtre.*

La détermination des matières colloïdales a été faite par la dialyse. *Fowler* et *Ardern* ont plongé dans un vase renfermant 750 centimètres cubes d'eau d'égout décantée un cylindre de parchemin contenant 750 centimètres cubes d'eau distillée, de façon que les liquides soient au même niveau. A des intervalles de temps déterminés, ils prélevaient des échantillons au dehors et au dedans du dialyseur. L'expérience était continuée jusqu'à ce que les deux liquides aient la même teneur en chlore (24 heures). *J. Johnson* met 50 centimètres cubes d'eau d'égout, filtrée au papier et additionnée d'une quantité d'acide sulfurique suffisante pour la stériliser, dans un tube de parchemin suspendu dans un vase contenant 500 centimètres cubes d'eau distillée renouvelée pendant la dialyse qui dure 6 jours.

Depuis, *G. Fowler, Sam Evans* et *Chadwick Oddie* ont proposé une autre méthode indiquée par *Rübner*. Elle consiste à précipiter les matières colloïdales par une solution alcaline de sel ferrique. Dans un flacon conique on ajoute à 200 centimètres cubes d'eau à analyser, 2 centimètres cubes de solution à 5 pour 100 d'acétate de soude et 2 centimètres cubes de solution à 10 pour 100 d'alun de fer et d'ammoniaque. On agite et on place le flacon sur un brûleur. On porte à l'ébullition,

qu'on maintient 2 minutes exactement. On refroidit et on filtre en ne jetant sur le filtre qu'aussi peu de précipité que possible. On obtient ainsi un liquide clair qui ne contient que les substances en vraie solution. On compare les analyses de l'eau et du filtrat. L'ébullition ne doit durer que le temps nécessaire à l'évaporation des 4 centimètres cubes de réactifs ajoutés. Des essais à blanc ont montré que les erreurs dues aux réactifs et à la filtration sont inappréciables. Des expériences comparatives avec ces deux méthodes, dialyse et précipitation chimique, ont donné des résultats qui n'étaient pas numériquement identiques, mais le rapport des cristalloïdes et des colloïdes était le même.

Cette méthode a été introduite dans les analyses courantes à *Davyhulme* (*Manchester*) et a permis de dégager certains points intéressants.

On a constaté d'abord que l'effluent des fosses septiques contenait plus de matières colloïdales en été qu'en hiver, bien que l'eau d'égoût fût en moyenne plus diluée en été. On pourrait penser que cet accroissement des matières colloïdales fût le fait de fermentations produites sur les matières solides. Il semble plutôt que la plus grande dilution favorise la mise en pseudo-solution de ces matières.

Le séjour trop prolongé des eaux d'égout en fosse septique doit être évité car, en milieu anaérobie, la proportion des matières colloïdales s'accroît, tandis qu'elle diminue en présence de l'air.

La recherche de ces matières *colloïdales* dans les lits d'oxydation donnera une mesure du travail qui s'y effectue. Ce n'est pas seulement la quantité des *matières organiques totales* qu'il importe de connaître, mais leur *état*, qui permet de dire si ces matières sont plus ou moins nuisibles. Les matières solubles *cristalloïdes* sont si rapidement oxydées qu'on peut jusqu'à un certain point les négliger.

*
* *

Nous avons repris ces expériences sur les eaux de la Madeleine et, après quelques essais, nous avons dû abandonner la méthode par dialyse qui nous semble sujette à trop de causes d'erreur et nous avons adopté la méthode de *G. Fowler* beau-

coup plus simple et plus rapide, mais qui demande à être perfectionnée.

Nous avons effectué pendant 20 jours ce que *G. Fowler* a appelé le *Clarification Test*, par la méthode que nous venons d'exposer sur les eaux décantées non filtrées. Nous donnons dans le tableau VIII ci-après, les nombres moyens ainsi obtenus. Nous avons aussi calculé, d'après la détermination de l'oxygène absorbé en 4 heures, le pourcentage des matières colloïdales oxydables dans les matières organiques oxydables totales. Nous ferons remarquer qu'il y a une cause d'erreur provenant du fait de la précipitation de l'hydrogène sulfuré par le sel de fer, ce qui augmente la proportion de matières colloïdales. Nous n'avons pu faire la correction nécessaire à ce sujet, par suite de la difficulté de doser d'une manière précise l'hydrogène sulfuré dans un liquide aussi complexe qu'une eau d'égout. Nous étudions cette question et espérons y apporter une contribution utile.

TABLEAU VIII. — **Oxygène absorbé en 4 heures.**

	EAU BRUTE	EFFLUENT de la fosse septique		EFFLUENT des lits bactériens
		N° 1	N° 2	
Avant précipitation.	45,1	41,0	44,5	8,8
Après —	19,7	17,9	18,3	5,4
Oxygène absorbé par les matières colloïdales et autres, précipitées	25,4	23,1	26,2	3,4
Matières colloïdales et autres, précipitées, 0/0 des matières oxydables.	57,2 0/0	56,3 0/0	58,8	40,4

Nous avons rapporté dans le volume précédent[1] les expériences que nous avions effectuées pour déterminer l'importance de la fixation des matières organiques sur les matériaux des lits bactériens (scories). Les résultats ont montré que les matières organiques sont d'autant plus facilement retenues

(1) Vol. III, p. 36.

par les scories qu'elles sont de nature colloïdale. Ainsi, comparativement, la proportion pour 100 de matière fixée a été :

Albumine	17,68
Peptone	13,38
Amidon soluble	4,20
Asparagine	2,26
Sulfate d'ammoniaque	2,09
Glucose	1,00

Suivant *Jones* et *Travis*, ce retour à l'état solide des matières colloïdales doit être plutôt attribué à des actions de surface qui en amènent la coagulation. Ils ont remarqué que si l'on abandonne de l'eau d'égout dans un vase en verre, d'abord les matières en suspension se déposent ou flottent à la surface. Au bout d'un certain temps on n'aperçoit plus de matières dans le liquide, qui cependant reste trouble et opaque. Puis de petits flocons apparaissent sur le verre et grossissent lentement, le plus souvent en des points plus ou moins séparés, et tombent au fond du vase. Cette coagulation ne se produit qu'au contact du verre. L'eau est de moins en moins opalescente et finit par être transparente. On peut activer la coagulation en plaçant dans le vase des lames de verre : on voit, au bas de ces lames, un amas de ces matières colloïdales. Mais on ne peut exagérer la surface, car non seulement elle n'accroît pas le dépôt, mais en même temps (et dans un rapport inverse de la superficie des surfaces) elle raccourcit la période durant laquelle les phénomènes peuvent être observés.

L'action mécanique produite par les matériaux d'un lit bactérien est donc importante. C'est dans le but de diminuer le travail d'oxydation des lits et, pour cela, d'éliminer la plus grande partie des matières colloïdales, que *O. Travis* a imaginé les plans de la fosse septique qu'il a appelée « *Hydrolytic tank* » à *Hampton* [1].

Dans les bassins de simple décantation, les actions de surface se réduisent aux murs, qui se recouvrent dans la partie immergée d'un enduit visqueux, lequel se détache et tombe avec les matières en suspension. Cet enduit est formé de matières colloïdales emprisonnant de fines particules. Lorsque

(1) Vol. II, p. 100.

les surfaces sont augmentées ou multipliées, comme dans l'*hydrolytic tank*, cette coagulation et ce dépôt des matières colloïdales sont accrus et l'effluent en contient une moins grande proportion.

Dans les fosses septiques, l'action est plus importante, car le dégagement des gaz remet en suspension des particules sur lesquelles se fixent les matières colloïdales et celles-ci retombent au fond de la fosse lorsque les bulles sont venues crever à la surface. Quand le dégagement des gaz est abondant, l'effluent est beaucoup moins opalescent qu'en temps ordinaire.

Dans les lits bactériens, et surtout dans les lits bactériens à percolation, l'effluent des fosses septiques s'écoulant en très mince couche sur la surface des matériaux y abandonne facilement les matières colloïdales. La pellicule de matière organique qui couvre ainsi les matériaux favorise leur dépôt, qui retient une partie des matières organiques en vraie solution, ainsi que des sels ammoniacaux. L'importance de ce dépôt dépend de beaucoup de facteurs, parmi lesquels : *la concentration des colloïdes dans l'eau d'égout*, *le degré de stabilité de la solution colloïdale*, et *l'intimité du contact avec la surface*. Les deux premiers facteurs varient avec l'eau d'égout, mais les variations pour les diverses eaux d'égout domestiques ne sont pas grandes, dépendantes plutôt du système d'égout que de la composition chimique des eaux elles-mêmes, et ils varient aussi pour la même eau, suivant les différentes heures du jour. Le dernier facteur dépend de la grosseur des matériaux du lit, car plus ces matériaux sont petits, plus la surface offerte à l'eau est grande.

L'effluent des lits bactériens est généralement débarrassé des matières colloïdales. Cependant, lorsque la concentration de ces matières dans l'eau traitée est très faible, la fixation exige un temps plus long que celui qui peut être accordé par le passage des eaux au travers du lit.

Les matières colloïdales fixées sur les matériaux du lit bactérien sont alors soumises à des actions physiques, chimiques et biologiques. Lorsque les matériaux sont gros et que, par suite, l'aération est facile, les matières perdent leur aspect gélatineux, elles se contractent, peuvent se détacher facile-

ment et sont entraînées par les eaux. Ce sont les *films* ou particules en suspension qui ont été observées dans bien des cas et qui ont obligé à la construction de bassins de décantation pour l'effluent épuré. Par suite de l'oxydation subie dans le lit bactérien, ces matières résistent à la putréfaction dans les eaux aérées. Si les matériaux sont très fins, et par suite l'aération moins abondante, ces matières conservent plus longtemps leur caractère colloïdal et le dépôt reste dans le lit pendant un temps indéfini. Ensuite l'action microbienne agit dans la masse du dépôt par les diastases, et à la surface par l'oxydation, les produits d'oxydation étant ou gazeux comme l'acide carbonique, ou très solubles et peu faciles à fixer comme les nitrates.

Dans l'épuration terrienne (épandage, irrigation culturale) les phénomènes sont absolument identiques. Il faut cependant faire remarquer que, lorsque les eaux d'égout sont déversées sur le sol, sans décantation préalable, les matières colloïdales agglutinent toutes les matières en suspension qui recouvrent ainsi la terre d'un enduit imperméable empêchant toute irrigation nouvelle et toute épuration.

L'exposé de ces travaux sur les matières colloïdales nous a amené, comme nous l'avons vu, à une nouvelle théorie de l'épuration dans les lits bactériens. Au Congrès international d'Hygiène de 1903 *Dunbar* expliquait les phénomènes concourant à l'épuration de la façon suivante : suivant lui, dans les lits bactériens l'*adsorption* de la matière organique par les matériaux est l'action la plus importante. A côté de ce pouvoir adsorbant il faut faire intervenir certaines affinités chimiques comme l'ammoniaque et l'hydrogène sulfuré pour le fer toujours plus ou moins abondant dans les scories. La faculté d'adsorption s'épuise et les matériaux ont besoin pour se régénérer de l'accès de l'air et de la présence des micro-organismes qui agissent pendant les périodes d'aération ou de repos. Les matières organiques sont décomposées par les microbes jusqu'à la formation de certains composés facilement oxydables par l'oxygène de l'air. Il y a donc trois actions distinctes : *adsorption ou fixation de la matière organique par les matériaux, décomposition de la matière organique en produits simples; oxydation de ces produits par l'oxygène de l'air.* La

théorie de *Dunbar* avait été, dès l'origine, combattue vivement en Allemagne et c'est pour trouver des arguments à lui opposer que ses adversaires, parmi lesquels *Bilz* et *Kröhnke*, démontrèrent les premiers l'importance des matières colloïdales dans les eaux d'égout.

La théorie nouvelle, que nous adoptons, ne tient plus compte des phénomènes d'adsorption, elle attribue la retenue des matières organiques dans les lits bactériens à des *actions de surface coagulant les matières colloïdales*, lesquelles se déposent sur les matériaux, sont détruites par les microbes et oxydées par l'oxygène de l'air. Les matières organiques en vraie solution sont entraînées en partie par les matières colloïdales et en partie oxydées directement, probablement avec intervention microbienne (1).

(1) Mills, Purification of Sewage and Water, *Stait Board of Health Massachusets*, 1890.

Bilz et Kröhnke, Colloïdes organiques dans les eaux d'égout, *Berichte der deuts. Chem. Gessells.*, V. 37, p. 1745, 1904.

G. Fowler and E. Ardern, Suspended matter in sewage and effluents, *Journal of the Society of Chemical Industry*, V. 24, p. 483, 1905.

G. Fowler, S. Evans and A. Chadwick Oddie, Some applications of the *Clarification Test* to Sewage and effluents, *Journal of the Society of Chemical Industry*, V. 27, mars 1908.

A. Stowall Jones and W. Owen Travis, The elimination of suspended solids and colloïdal matters from sewage, *Proc. of the Institution of Civils Engineers*, V. 164, Part. 2, 1905.

J. H. Johnston, The organic colloïds of Sewage, *Journal of The Royal Sanitary Institute*, V. 27, n° 10, 1906.

H. W. Clark, The resistance to decomposition of certain organic matters im sewage, *Journal of Infectious diseases*, Supp. 2 février 1906.

J. H. Johnston, Die Rolle der Kolloïde bei der Reinigung von Abwässern, *Zeitsch. für Chemie und Industrie der Kolloïde*, 1908, Supp. Heft 2.

CHAPITRE V

ÉPURATION PAR LITS BACTÉRIENS A TOURBE

Nous avons rapporté l'an dernier [1] les essais que nous avions entrepris pour rechercher l'effet de la tourbe, employée comme support d'oxydation dans les lits bactériens, sur l'épuration des eaux d'égout.

Nous avons montré qu'avec la *tourbe mousseuse de Hollande* intercalée en couche de 10 centimètres d'épaisseur dans un lit bactérien de scories, l'épuration, bonne au début, devint rapidement incomplète par suite du colmatage de la tourbe, colmatage qui forçait les eaux à s'écouler à travers les parois latérales du lit.

Nous avons pensé, et c'est l'opinion de *M. Müntz*, que la tourbe mousseuse de Hollande que nous avions employée était cause de nos résultats peu encourageants; aussi avons-nous abandonné le lit bactérien établi à notre station de la Madeleine pour faire des essais comparatifs dans nos laboratoires de l'Institut Pasteur.

Nous avons employé pour nos expériences la *tourbe moyenne* des marais de la Somme, se présentant sous la forme de briquettes noirâtres dures et compactes. Ces briquettes ont été brisées en morceaux qui ont été trempés dans un lait de carbonate de chaux.

Appareils. — La fig. 4 montre le dispositif adopté pour ces expériences. Il se compose de quatre lits bactériens : deux formés de tourbe et deux de scories, de façon à pouvoir traiter comparativement sur tourbes et sur scories d'un côté (lettres sans indice) l'effluent des fosses septiques de la Madeleine, de l'autre côté (lettres avec indice) une solution de sulfate d'ammoniaque.

(1) Ces recherches, Vol. 3, p. 87.

Les liquides à épurer sont d'abord versés dans les bassins A d'où ils sont repris par les pompes B pour être élevés dans

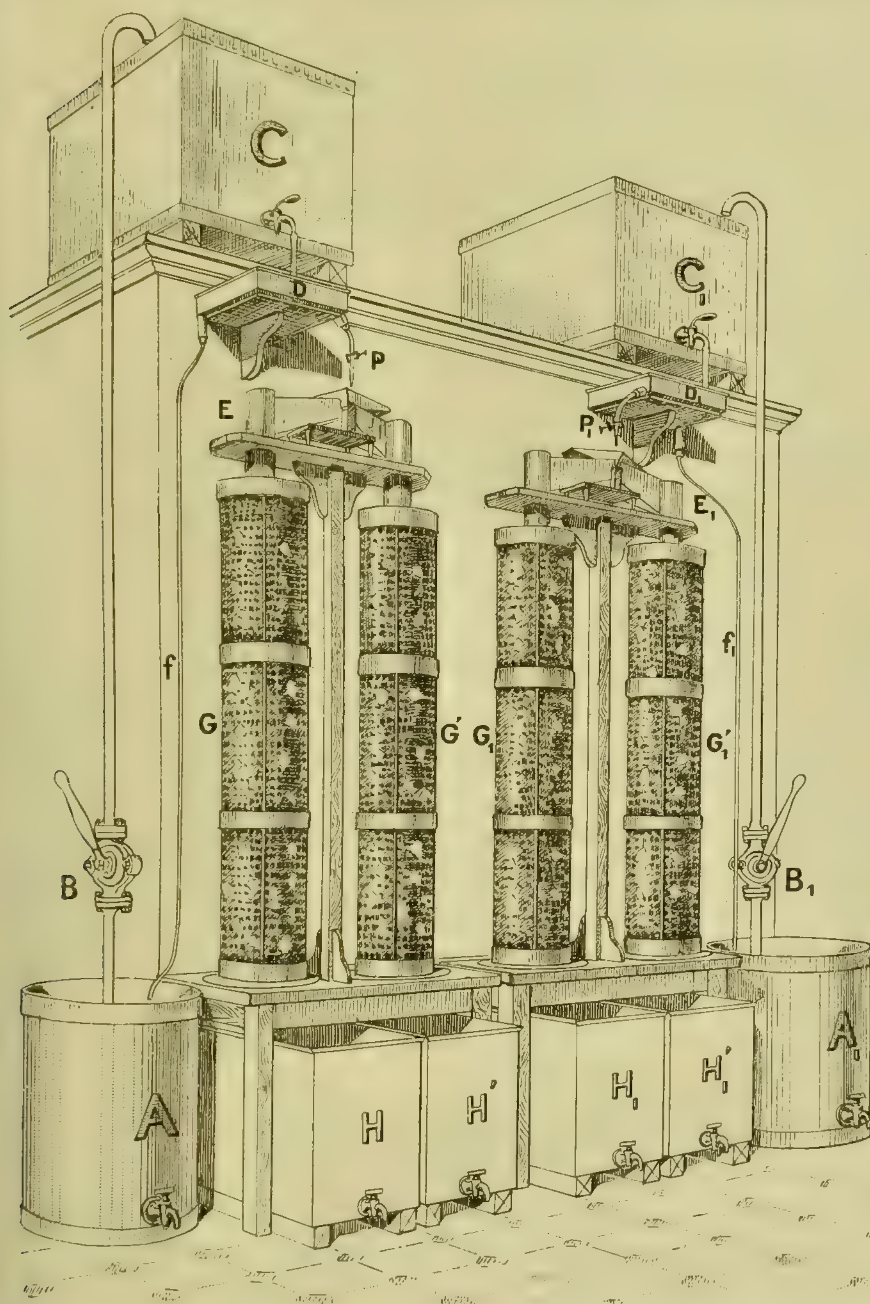


Fig. 4. — Dispositif d'expériences relatives à l'épuration biologique comparée par lits bactériens percolateurs formés de différents matériaux.

les réservoirs C. L'écoulement de l'eau sur les lits devant être très faible par suite de la petite surface de ces lits, le réglage

en est très difficile. Dans le but de le rendre plus régulier, nous avons interposé entre les réservoirs C et les appareils distributeurs E de petits bassins munis à la partie inférieure de deux ouvertures, l'une dans la partie principale laisse écouler le liquide dans les distributeurs, l'autre en est séparée par une cloison et n'est alimentée que par le trop plein du bassin, dans lequel le liquide se trouve donc toujours au même niveau. Cette dernière partie de liquide retourne dans le bassin A.

L'écoulement du liquide des bassins D est réglé par des pinces P. Sa distribution égale dans chaque lit s'effectue au moyen de vases triangulaires basculant sur des pivots, réglables par des contrepoids.

Les lits G sont formés de cylindres en toile métallique à mailles de 1 centimètre, de $1^{m},50$ de hauteur et de $0^{m},20$ de diamètre; la surface de chaque lit est donc de $0^{m^2},0314$. Deux lits G G_1 sont remplis de tourbe en morceaux de 2 à 3 centimètres, les deux autres G′ G_1' de scories triées et lavées de 1 à 2 centimètres. La tourbe provient des tourbières de la Somme : c'est la variété noire compacte, analogue à celle employée par MM. Müntz et Lainé pour leurs expériences. Le fond des lits, aussi en toile métallique, laisse écouler le liquide traité qui est recueilli dans les réservoirs H.

Le volume du liquide écoulé sur les lits est évalué chaque jour à la même heure par la hauteur du liquide restant dans les réservoirs C, après y avoir pompé la partie écoulée dans les bassins A par les trop pleins des bassins D.

*
* *

Les expériences d'épuration d'eaux d'égout ou d'eaux résiduaires sont toujours beaucoup plus difficiles à effectuer sur un petit volume au laboratoire que sur les grands volumes d'une installation comme celle de la Madeleine. Cependant les expériences de laboratoire, quoique plus délicates, permettent plus facilement tous les changements et modifications dans le dispositif adopté, suggérés par les circonstances.

La plus grande difficulté rencontrée a été le réglage de l'écoulement du liquide dans l'appareil distributeur. Lorsque cet écoulement est ralenti, les orifices sont obstrués facilement

par les moindres poussières, et il s'arrête; il faut donc une surveillance attentive. Nous avons aussi remarqué que le déversement du liquide sur les lits doit être aussi peu abondant que possible, de façon qu'il ne jaillisse pas de liquide qui, s'écoulant le long des parois extérieures, vienne se mélanger aux eaux épurées.

Nous avions pensé pouvoir effectuer toutes les expériences sur une série de deux colonnes; mais nous avons dû en faire construire deux nouvelles pour traiter séparément les solutions d'ammoniaque et l'effluent des fosses septiques de la Madeleine.

Nous pouvons donner, dès à présent, quelques résultats de *nitrification du sulfate d'ammoniaque*. Quant à ceux de l'épuration de l'*effluent des fosses septiques*, nos expériences ne sont pas encore assez avancées pour les publier.

*
* *

Si l'on compare la nitrification obtenue avec la tourbe et avec les scories, on observe une action bien plus intense avec la tourbe, comme le montrent les premiers chiffres du tableau ci-après. La nitrification est plus de cinq fois plus active dans la tourbe que dans les scories.

Après quelques semaines pendant lesquelles ces différences étaient toujours constantes, quel que fût le volume de l'eau traité, nous avons mélangé à la tourbe comme aux scories environ 1/4 de leur volume de morceaux de calcaire assez tendre, de la grosseur d'un petit œuf.

L'effet de l'addition de carbonate de chaux a été peu important pour la tourbe, dans laquelle la nitrification a toujours été très active. Pour les lits de scories au contraire, l'action des ferments nitrifiants est devenue beaucoup plus intense et si, pour les débits très faibles, la nitrification était meilleure dans les lits de tourbe que dans les lits de scories, pour les débits plus forts, on peut constater par les nombres du tableau IX que le phénomène inverse s'est produit.

De cette première série d'expériences on peut donc conclure :

1° Que *la tourbe seule est un meilleur support que les scories seules pour obtenir une bonne nitrification de l'ammoniaque.*

TABLEAU IX. — **Nitrification du sulfate d'ammoniaque.**
(Solution à 200 milligr. par litre.)

	Litres d'eau par mètre carré de surface.	Tourbe.	Scories.
1° Sans carbonate de chaux.	353	470,0	84,0
— — —	477	332,0	40,2
— — —	1160	222,5	42,5
2° Avec — —	385	421	333
— — —	732	285	330
— — —	885	321	355
— — —	1060	288	348
— — —	1100	295	338
— — —	1582	157	225

2° Que *l'addition de calcaire aux scories permet d'obtenir une nitrification comparable à celle obtenue dans les lits de tourbe mélangée de calcaire pour les débits moyens. Pour les débits plus importants, le mélange* SCORIES *et* CALCAIRE *semble supérieur au mélange* TOURBE *et* CALCAIRE.

*
* *

Dans le but de chercher une explication de la différence d'action observée dans les lits bactériens à tourbe et à scories, surtout au point de vue des matières organiques, nous avons effectué une détermination [1] de la durée d'écoulement dans nos lits d'expérience.

L'écoulement étant réglé de part et d'autre au taux de 1175 litres par mètre carré et par jour, et après avoir dosé le chlore dans l'effluent de fosse septique qui s'écoulait sur les lits, nous avons versé dans chacune des cuvettes à renversement 100 centimètres cubes d'une solution à 18 pour 100 de chlorure de sodium. Puis, toutes les 5 minutes d'abord, toutes les 10 minutes ensuite, nous avons prélevé des échantillons dans lesquels nous avons dosé le chlorure de sodium. Les résultats sont rapportés dans le tableau X ; ils ont permis d'établir les courbes ci-après (*graphique n° 12*).

Dans le lit à tourbe, la quantité maxima de chlorure de sodium, $1^{gr},86$ par litre, a été observée au bout de 40 minutes,

(1) Avec la collaboration de M. GHYSEN, dont nous analysons plus loin un travail sur cette question.

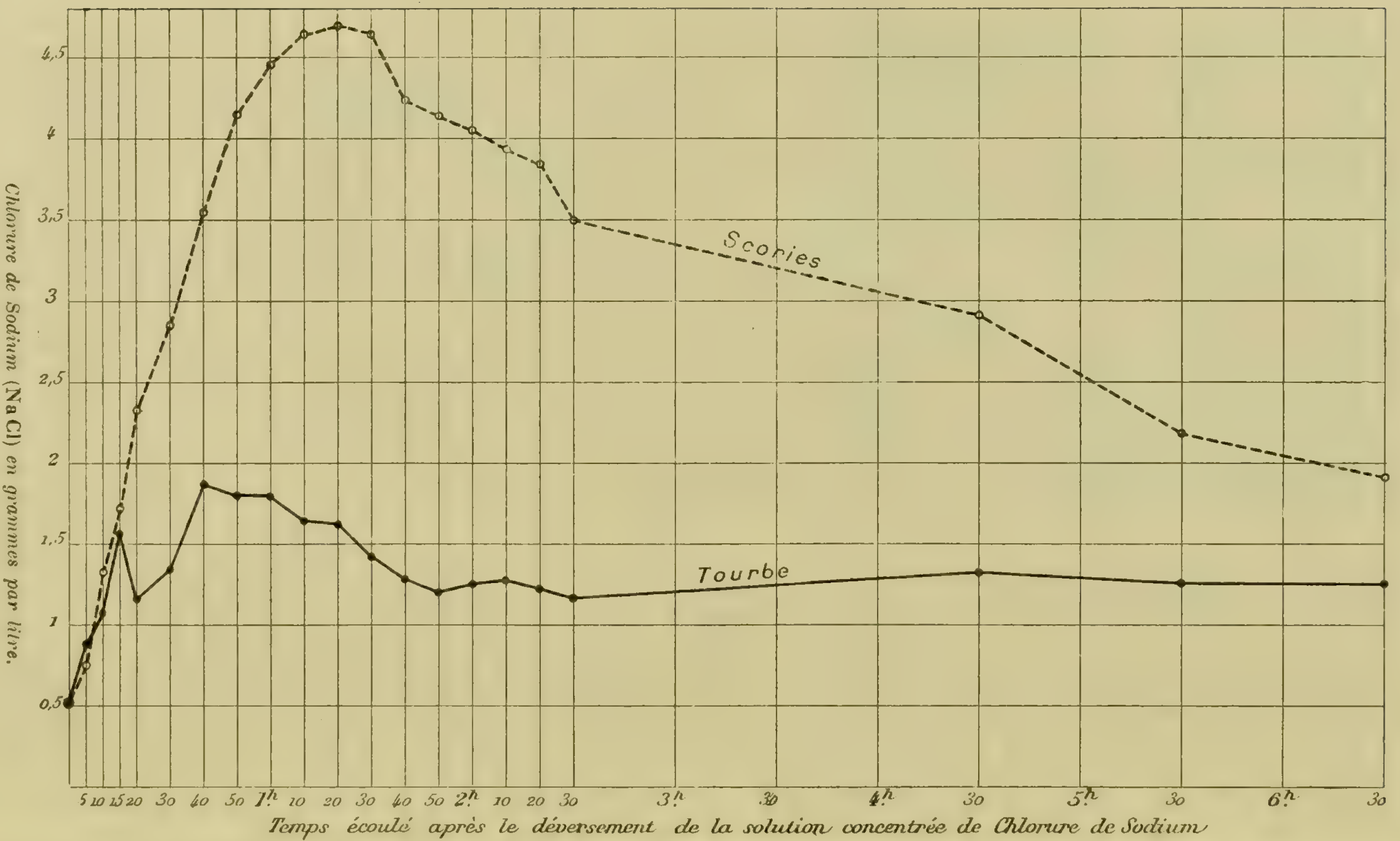
puis le taux de chlorure s'est abaissé jusqu'à $1^{gr},28$ qui s'est maintenu avec des variations peu importantes jusqu'à la fin de l'expérience, c'est-à-dire, après 6 heures 30. Il semble donc que le chlorure de sodium soit retenu énergiquement par la tourbe et qu'il n'est cédé que peu à peu. L'élimination si lente d'un composé passant ordinairement très rapidement dans les filtres montre que les matières organiques doivent aussi être retenues énergiquement et par suite soumises aux actions de destruction qui aboutissent à l'épuration de l'eau.

Dans les lits à scories au contraire, tout se passe comme dans un filtre ordinaire. L'élimination du chlorure de sodium est très rapide et le taux maximum $4^{gr},70$ par litre, est atteint au bout de 1 heure 20; puis la teneur en chlorure diminue progressivement et, après 6 heures 30, il en reste encore une assez forte proportion : $1^{gr},96$ par litre. Ici encore il y a retenue mais beaucoup moins énergique que celle observée avec la tourbe.

Tableau X. — **Chlorure de sodium en Na Cl** (en grammes par litre) **dans l'effluent des lits.**

	Tourbe.	Scories.
Avant l'expérience	$0^{gr},52$	$0^{gr},52$
Déversement sur chaque lit de 100 cc. de solution de chlorure de sodium à 18 0/0.		
Après 5 minutes	$0^{gr},88$	$0^{gr},76$
— 10 —	$1^{gr},08$	$1^{gr},36$
— 15 —	$1^{gr},56$	$1^{gr},74$
— 20 —	$1^{gr},16$	$2^{gr},34$
— 30 —	$1^{gr},34$	$2^{gr},86$
— 40 —	$1^{gr},86$	$3^{gr},56$
— 50 —	$1^{gr},80$	$4^{gr},16$
— 1 heure	$1^{gr},80$	$4^{gr},46$
— 1 — 10 minutes	$1^{gr},64$	$4^{gr},66$
— 1 — 20 —	$1^{gr},62$	$4^{gr},70$
— 1 — 30 —	$1^{gr},44$	$4^{gr},66$
— 1 — 40 —	$1^{gr},28$	$4^{gr},24$
— 1 — 50 —	$1^{gr},20$	$4^{gr},16$
— 2 heures	$1^{gr},24$	$4^{gr},06$
— 2 — 10 minutes	$1^{gr},28$	$3^{gr},90$
— 2 — 20 —	$1^{gr},23$	$3^{gr},80$
— 2 — 30 —	$1^{gr},18$	$3^{gr},50$
— 4 — 30 —	$1^{gr},34$	$2^{gr},96$
— 5 — 30 —	$1^{gr},28$	$2^{gr},20$
— 6 — 30 —	$1^{gr},28$	$1^{gr},96$

*
* *



Graphique n° 12. — Action comparée des lits bactériens à tourbe et à scories vis-à-vis des chlorures.

Au sujet de cette importante question relative à l'emploi de la tourbe dans la construction des lits bactériens, le docteur *J. Ghysen* [1] vient de publier tout récemment une intéressante étude que nous croyons utile d'analyser ci-après :

Historique. — Les scories nécessaires pour la construction des lits bactériens ne se rencontrent pas toujours, dans certaines localités, en quantités suffisantes; aussi a-t-on cherché à les remplacer par d'autres matériaux, notamment par la tourbe.

Les premières expériences effectuées sur cette matière à la station expérimentale de *Lawrence* (*Massachusetts*) en 1888 ont montré qu'elle se prête très mal à la filtration intermittente. La tourbe était répandue à la surface de filtres à sable, sur une hauteur de 1 à 5 pieds ; dans tous les cas, la filtration a été impossible, l'épuration presque nulle. On a seulement pu constater dans l'effluent de sortie une diminution du nombre des bactéries. Ces mauvais résultats tiennent sans doute à la nature peu favorable de la tourbe employée, car les essais effectués en 1900 en Angleterre sur l'emploi de la tourbe dans la filtration intermittente ont conduit à des conclusions meilleures. En ayant soin de drainer parfaitement le filtre, on a pu obtenir avec les filtres à tourbe de très bons résultats. Toutefois la réaction acide de la tourbe semblait gêner le travail des ferments nitrificateurs, car les effluents de sortie étaient à peu près exempts de nitrates.

En Allemagne, *Schwarzkopf* et *Petri* ont recommandé le mode de travail suivant : l'eau à purifier est d'abord traitée par un procédé chimique, puis envoyée sur les filtres à tourbe ; mais les essais effectués avec cette méthode à l'Institut d'Hygiène de Berlin n'ont pas conduit à des résultats favorables. *Frank* a également essayé, à *Wiesbaden*, la tourbe pour l'épuration des eaux d'égout; mais il s'est borné à l'examen bactériologique de l'effluent de sortie et a opéré à l'abri de l'air, de sorte qu'il est difficile de tirer des conclusions de ses expériences. Les essais de *Degener* ont donné de meilleurs résultats.

[1] *Gesundheits Ingenieur*, 1909, n° 1, p. 1.

Degener additionne l'eau d'égout de tourbe divisée et précipite ensuite la masse par le perchlorure de fer. On élimine ainsi 78 pour 100 des matières organiques putrescibles.

En Italie, *Adolfo Monari* a fait des essais sur la filtration des matières fécales sur la tourbe et a pu séparer ainsi les matières en suspension qui, mélangées à la tourbe, constituent un excellent engrais. Mais l'effluent de sortie était encore très putrescible.

En France, *Muntz* et *Lainé* ont montré que la tourbe est un substratum tout à fait favorable aux microbes nitrificateurs. En utilisant pour le traitement des eaux d'égout un filtre composé de fragments de tourbe mélangés de carbonate de chaux et placés sur une couche de sable bien drainée, ces savants ont obtenu des résultats très favorables : disparition de l'ammoniaque, réduction des matières organiques dans la proportion des quatre cinquièmes, effluent de sortie clair, sans odeur et imputrescible. Pour éviter les dangers de colmatage de la surface du filtre, il suffit de renouveler de temps à autre la couche superficielle ou de la mélanger avec les couches inférieures.

Pottevin utilise, au lieu de craie pulvérisée, des couches alternatives de morceaux de craie et de tourbe.

Essais du Dr J. Ghysen. — *Ghysen* a cherché à savoir s'il est avantageux d'utiliser la tourbe pressée pour la construction des filtres intermittents, si la tourbe pressée peut jouer le rôle de couche filtrante à la surface des lits bactériens percolateurs ordinaires, et enfin si la tourbe en briquettes peut servir pour la construction des lits.

La tourbe qui a servi pour la construction des filtres intermittents avait une faculté d'imbibition d'environ 50 pour 100, c'est-à-dire notablement supérieure à celle des filtres à sable qui ne dépasse guère 20 à 25 pour 100. Dans ses essais sur des filtres intermittents de 1 mètre de hauteur, *Ghysen* a constaté d'abord que la tourbe ne se comporte pas comme le sable vis-à-vis du chlorure de sodium et des matières colorantes. Tandis qu'avec le sable ces substances ne sont nullement retenues, elles le sont très fortement avec la tourbe :

une solution de chlorure de sodium s'appauvrit beaucoup par passage sur la tourbe ; une solution d'éosine sort du filtre complétement décolorée. *Ghysen* a vu en outre que la tourbe, quand elle est bien perméable, peut donner d'aussi bons résultats que le sable pour la filtration intermittente. Tous les trois jours le filtre était chargé avec une couche d'eau d'égout de 15 centimètres, et il a fonctionné parfaitement pendant un an et demi sans aucun colmatage. Même avec un chargement double du précédent, la marche du filtre n'a pas laissé à désirer, bien que l'eau d'égout renfermât 500 milligrammes de matières en suspension par litre. Toutefois les filtres à tourbe donnent des eaux toujours colorées en jaune ou en brun par suite de la dissolution de l'humus; l'oxydabilité augmente au lieu de diminuer, bien que l'eau ne soit plus putrescible. L'ammoniaque diminue beaucoup tandis que les nitrates augmentent dans de fortes proportions.

Ghysen a expérimenté également la méthode de *Müntz* et *Lainé* qui consiste à mélanger la tourbe avec de la craie pulvérisée. Ces essais ont donné d'excellents résultats : les effluents sont devenus incolores; en outre, on a constaté une forte diminution de l'oxydabilité, par suite de la fixation de l'humus par la craie. *Ghysen* a mis en évidence un autre avantage de la craie. En faisant l'analyse des gaz qui se trouvent à l'intérieur des filtres intermittents à tourbe, il a constaté que la craie exerce une action très favorable sur les échanges gazeux. Un filtre travaille d'autant mieux qu'il contient plus d'oxygène et qu'il laisse se diffuser plus vite l'acide carbonique produit par les microbes. Or la présence de la craie a pour résultat de diminuer la teneur en acide carbonique dans toutes les couches du filtre, probablement par suite de la formation de bicarbonate de chaux soluble. L'effluent de sortie du filtre à tourbe et à craie est d'ailleurs beaucoup plus riche en acide carbonique que l'effluent du filtre à tourbe seule. Au contraire, l'oxygène est beaucoup plus abondant dans les gaz du filtre qui a reçu de la craie.

L'étude bactériologique des effluents de ces filtres intermittents a montré que le nombre des bactéries, qui était de 20 à 40 millions par centimètre cube dans l'eau brute, tombait à 20 000-500 000 par centimètre cube dans l'effluent de sortie.

Aucune différence n'a été constatée entre les filtres à craie et les filtres sans craie.

Les essais de *Ghysen* ont également porté sur l'emploi de la tourbe comme couche superficielle des lits bactériens percolateurs. Ces essais ont été faits sur 4 lits percolateurs en scories, à la surface desquels on a placé une couche de tourbe de 50 centimètres. Deux de ces lits ont reçu en outre, sous la couche de tourbe, une couche de craie de 10 centimètres. Les effluents des lits sans craie ont été colorés au début; on a constaté une augmentation de l'oxydabilité, suivie d'une forte diminution. Au contraire, les effluents des lits à craie ont été dès le début incolores et l'oxydabilité a diminué aussitôt dans de fortes proportions. Après 3 mois de fonctionnement, les deux types de lits donnaient, au point de vue de l'épuration, des résultats analogues. La diminution de l'oxydabilité atteignait 60 pour 100; la putrescibilité était nulle; on ne trouvait plus que des traces d'ammoniaque et les nitrates atteignaient 100 milligrammes par litre. On n'a observé aucun colmatage de la couche superficielle. Un autre lit à percolation, construit avec de la tourbe mêlée de craie, de 1 mètre de hauteur, a fonctionné parfaitement pendant près d'un an sans le moindre colmatage, avec un chargement de 1 mètre cube d'eau d'égout par mètre carré de surface.

Enfin *Ghysen* a expérimenté deux filtres de 1 mètre de hauteur, formés d'une couche inférieure de 50 centimètres de briquettes de tourbe et d'une couche supérieure de 50 centimètres de tourbe divisée. Le fonctionnement, au bout d'un mois, était satisfaisant. Il y a encore augmentation de l'oxydabilité, mais les nitrates sont déjà abondants et l'eau n'est plus putrescible. Il est nécessaire de prolonger l'expérience pour juger si les briquettes de tourbe peuvent être utilisées pour la construction des couches inférieures des lits bactériens.

Ghysen tire de son étude les conclusions suivantes :

1° Il est indispensable de s'assurer à l'avance, par des essais, de la perméabilité de la tourbe qu'on veut employer.

2° La tourbe, quand elle est bien choisie et bien perméable, se prête très bien à la filtration intermittente ou à la construction de lits bactériens. Les effluents sont sans odeur,

clairs, imputrescibles. Leur couleur est semblable à celle de l'eau des tourbières ;

3° Pour l'analyse de ces effluents, on ne peut pas se baser sur l'oxydabilité ; il faut recourir à l'épreuve d'incubation ;

4° L'addition de craie est particulièrement recommandable : elle rend les effluents incolores, absorbe l'acide carbonique produit. Le mélange de tourbe et de craie pulvérisée doit être tout à fait intime ;

5° Si, après une longue période de fonctionnement, le filtre se colmate, il est très facile d'utiliser la tourbe colmatée, qui n'a aucune odeur, comme engrais, en agriculture, ou de la brûler ;

6° D'après les essais signalés plus haut, on peut charger les filtres avec l'eau brute fraîche. Naturellement le mode de clarification préalable aura une influence sur la durée de fonctionnement du filtre. Il faut donc déterminer dans chaque cas particulier s'il est plus avantageux de renouveler plus ou moins fréquemment la couche de tourbe colmatée ou d'installer des appareils de décantation préalable.

CHAPITRE VII

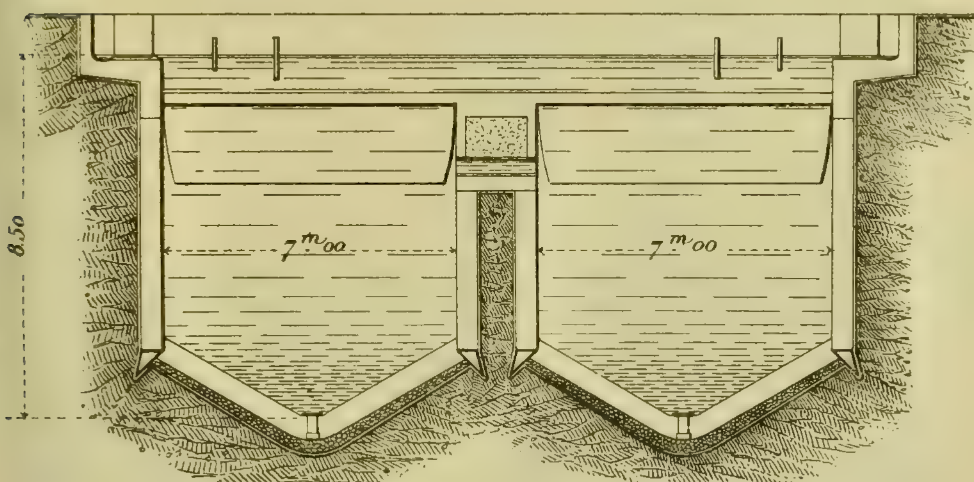
TRAVAUX RÉCENTS SUR LA DÉCANTATION PRÉALABLE DES EAUX D'ÉGOUT

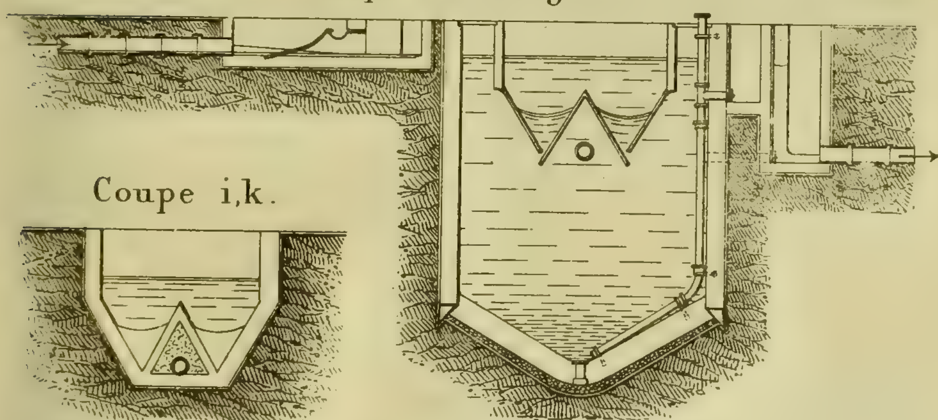
I. — Les décanteurs Emscher.

Les décanteurs *Emscher*, de *Imhoff*[1], constituent une combinaison du bac de décantation mécanique et de la fosse septique, réunissant les avantages de ces deux dispositifs et évitant leurs inconvénients. Les figures 5 et 6 représentent la disposition de ces décanteurs. L'eau arrive par le tuyau *i* dans une première petite fosse munie d'un râteau en fer (fig. 6). Cette fosse ne doit pas être aussi grande qu'on le croyait autrefois; bien au contraire, la canalisation doit être simplement élargie, de manière à conserver autant que possible la vitesse du courant. Les barreaux du râteau sont distants d'environ 50 millimètres. Derrière ce râteau se trouve une rigole de raclage dans laquelle les corps retenus par le râteau sont séparés. Au point *k* la rigole d'arrivée et de départ de l'eau se bifurque de manière à former autour des deux décanteurs une canalisation fermée qui conduit à la sortie. Au moyen de coulisses on peut diriger l'effluent et le faire entrer à volonté par le décanteur de droite ou par celui de gauche. En effet, la décantation s'effectue surtout dans le premier décanteur que parcourt l'eau, ce qui oblige à changer le sens de l'entrée de temps à autre. Dans la figure 5, l'eau entre d'abord dans le décanteur de gauche. Les deux décanteurs sont complètement séparés, à leur partie inférieure, par les parois qui les entourent, et ils ne communiquent que par

(1) D'après P. Kurgafs, *Gesundheits Ingenieur*, 1908, n° 44, p. 697.

un canal situé entre les deux rigoles de décantation (voir la coupe suivant *i k*, fig. 5). Une large rigole, dont le fond est relevé de manière à former une arête angulaire, traverse les décanteurs. Les arêtes inférieures possèdent une ouverture de 10 à 15 centimètres de largeur, par laquelle passent les





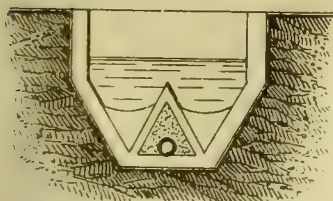


Fig. 5. — Décanteur Emscher de *Imhoff* (coupe).

matières en suspension pour s'accumuler dans la fosse située au-dessous (fig. 5).

Les gaz ne se dégagent pas dans la rigole, mais se rassemblent dans un espace recouvert avec des madriers. Des chicanes permettent une répartition plus parfaite de l'eau et arrêtent la couche des matières flottantes. L'eau qui

a traversé les décanteurs coule dans la fosse de sortie et de là dans la canalisation.

La vidange des boues se fait très simplement. Quand les circonstances le permettent, on dispose l'emplacement réservé aux boues à 1 ou 2 mètres plus bas que le niveau de l'eau dans les décanteurs. Dans la rigole à boues s'ouvre

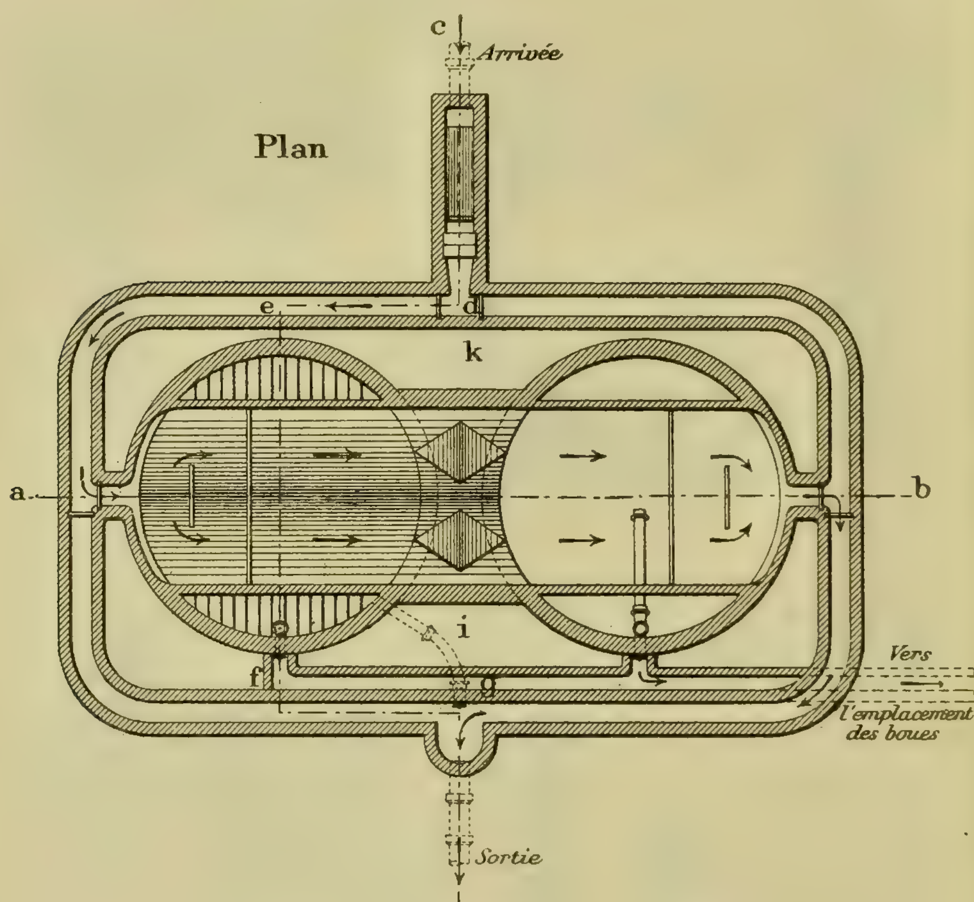


Fig. 6. — Décanteur Emscher de *Imhoff* (plan).

un branchement de la conduite de boues qui va de a partie supérieure jusqu'au fond du décanteur. Si on ouvre une coulisse, la boue s'écoule d'elle-même dans la rigole qui la conduit à l'emplacement réservé dans ce but. Un tuyau d'eau percé de trous permet d'envoyer dans la canalisation de l'eau sous pression pour faciliter l'évacuation. Il faut de 5 à 6 mois de séjour dans le décanteur pour que la boue soit bien fermentée.

L'effet de décantation de ces appareils est environ de

70 pour 100 des matières en suspension, quand le séjour de l'eau dans les décanteurs varie de 3/4 d'heure à 1 heure. La boue extraite des décanteurs est presque sans odeur, et elle est si concentrée qu'elle devient solide au bout de 5 à 6 jours quand on la transporte sur un emplacement bien drainé. La teneur en eau est si faible qu'il suffit de 2 mètres cubes de boue brute pour faire 1 mètre cube de boue solide.

Les avantages de ces décanteurs sont les suivants : 1° L'eau arrive fraîche aux appareils d'épuration biologique, aussi bien décantée que dans de bons bassins de décantation, et s'épure mieux par voie biologique. On évite en outre l'odeur désagréable de cette eau ; 2° les boues, très concentrées, exigent une place réduite, et leur vidange est facile ; 3° les décanteurs conviennent très bien pour le traitement des eaux épurées par voie biologique, et séparent les matières en suspension qui sont toujours entraînées au sortir des lits bactériens et qui viennent troubler l'eau. On évite ainsi les fermentations secondaires qui se produisent toujours quand on traite ces eaux dans des bassins de décantation, fermentations qui donnent souvent aux eaux épurées une odeur désagréable.

Il existe déjà près de 100 installations de ces décanteurs *Emscher* : les frais de leur construction s'élèvent de 1 mk 60 à 3 mk par tête d'habitant (de 2 fr. à 3 fr. 75).

II. — La centrifugation des boues avec l'appareil Schafer-ter Meer (1).

De nombreux essais ont été entrepris, dans ces dernières années, pour séparer en partie l'eau des boues, afin d'obtenir une matière plus sèche, plus transportable et plus facile à utiliser. On a cherché notamment à centrifuger les boues brutes des bassins de décantation. Quand on centrifuge ces boues, les matières se séparent d'après leur densité : les matières minérales, qui sont les plus lourdes, se réunissent contre le manteau du tambour, puis viennent les matières organiques ; enfin les corps légers, l'eau et les graisses se rassem-

(1) D'après Reichlé et Thiesing, *Mitteilungen aus der Königlischen Prüfung sanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung* zu *Berlin*, heft 10.

blent au voisinage de l'axe de rotation de l'appareil. Dans les premiers essais, on a tenté de séparer l'eau en employant un tambour perforé, animé d'un mouvement de rotation rapide et fonctionnant comme une turbine de sucrerie; mais les matières en suspension encrassent rapidement la toile métallique du tambour qui ne laisse plus passer l'eau. Les mauvais résultats obtenus avec cette méthode ont conduit à placer la sortie de l'eau près de l'axe de la turbine, et à utiliser un tambour non perforé; ces appareils fonctionnent alors comme les écrémeuses centrifuges en laiterie. Toutefois, même en employant cette méthode, l'opération reste longue; en outre il fallait enlever à bras d'homme l'anneau de boue centrifugée, ce qui rendait le procédé trop coûteux dans la pratique. L'appareil *Schäfer-ter Meer*, construit par la maison *Georg Egestorff* à *Hannovre Linden*, rend le travail automatique; le chargement et la vidange de l'appareil se font d'eux-mêmes, de sorte que les frais d'exploitation deviennent très minimes.

Des essais ont été faits à *Harburg* avec cet appareil. La canalisation d'égouts d'*Harburg*, construite d'après le système séparatif, donne tous les jours 3000 à 4000 mètres cubes d'eau en moyenne, sur lesquels les eaux industrielles (fabriques de cuir, de gomme, de gutta-percha, d'huile) représentent 600 à 700 mètres cubes. Les eaux sont clarifiées dans quatre puits de décantation, puis elles sont reprises par des pompes et envoyées au canal. Les boues restées dans les puits sont aspirées et envoyées à l'usine de centrifugation, dans un réservoir muni d'un agitateur. Cette usine comprend deux appareils *Schäfer-ter Meer*, le réservoir à boues brutes et des transporteurs pour les boues centrifugées. L'appareil *Schäfer-ter Meer*, représenté par les figures 7, 8 et 9, se compose d'un tambour monté sur un axe vertical et entouré d'un manteau. Ce tambour a un diamètre de 850 millimètres, une hauteur de 250 millimètres, et porte six compartiments disposés suivant des rayons et munis à l'intérieur de plaques minces portant, dans le sens longitudinal, des fentes de 10 millimètres de longueur, sur $0^{mm},4$ à $0^{mm},6$ de largeur. Chaque compartiment contient 3 litres; les six compartiments peuvent donc contenir 18 litres de boue centrifugée. Ces six compartiments possèdent un dispositif commun de fermeture inté-

rieure et extérieure sous la forme d'un anneau à coulisse interne et externe. Pendant le chargement et pendant la centri-

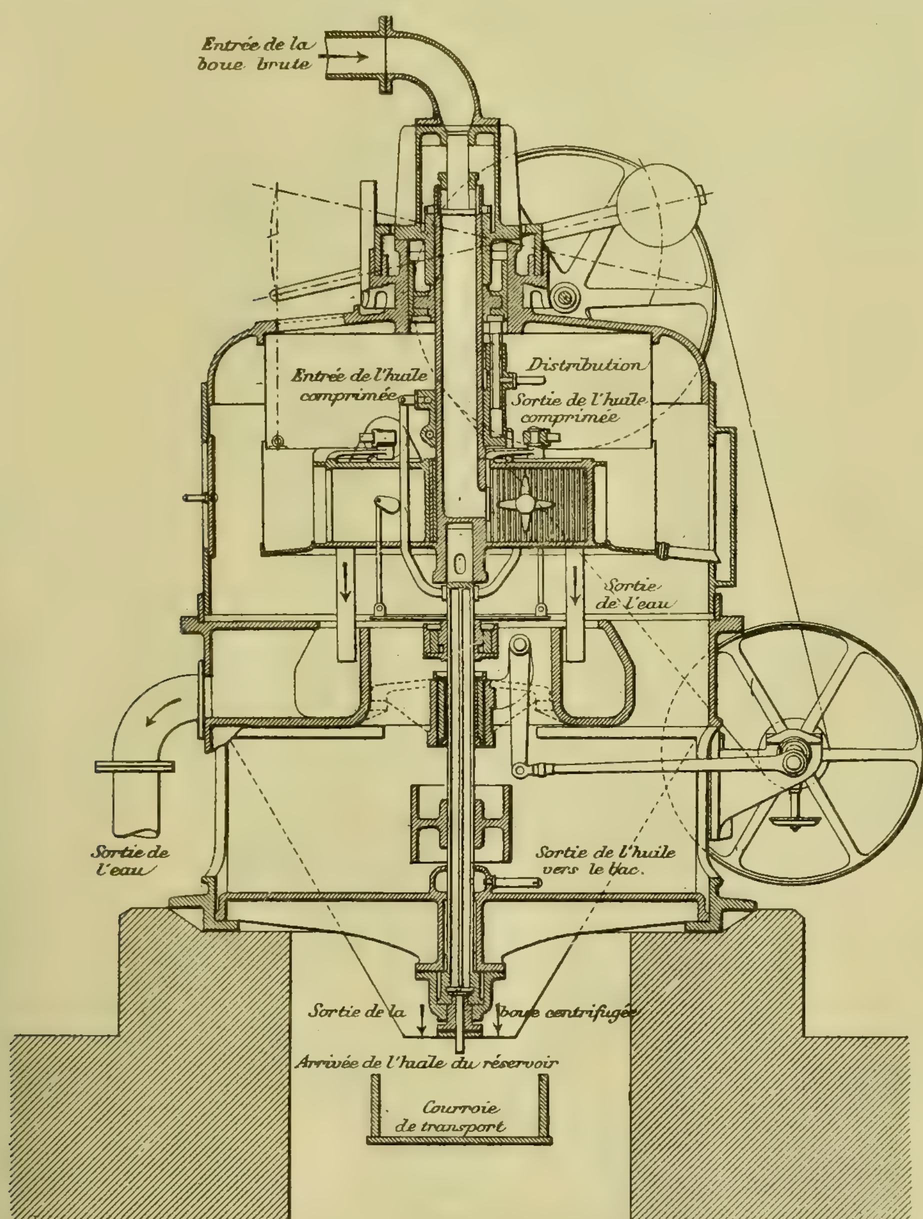


Fig. 7. — Appareil à centrifuger les boues, système Schäfer-ter Meer (coupe).

fugation, la coulisse interne est ouverte et la coulisse externe est fermée; c'est l'inverse au moment de la vidange de l'appareil. Le travail de l'appareil est continu et se divise en deux périodes. Dans la première on fait arriver dans le tambour la

boue à centrifuger et on procède à la centrifugation en même temps. Dans la seconde période, les matières accumulées dans l'appareil sont éliminées par centrifugation. L'opération complète s'effectue de la façon suivante : la boue brute, main-

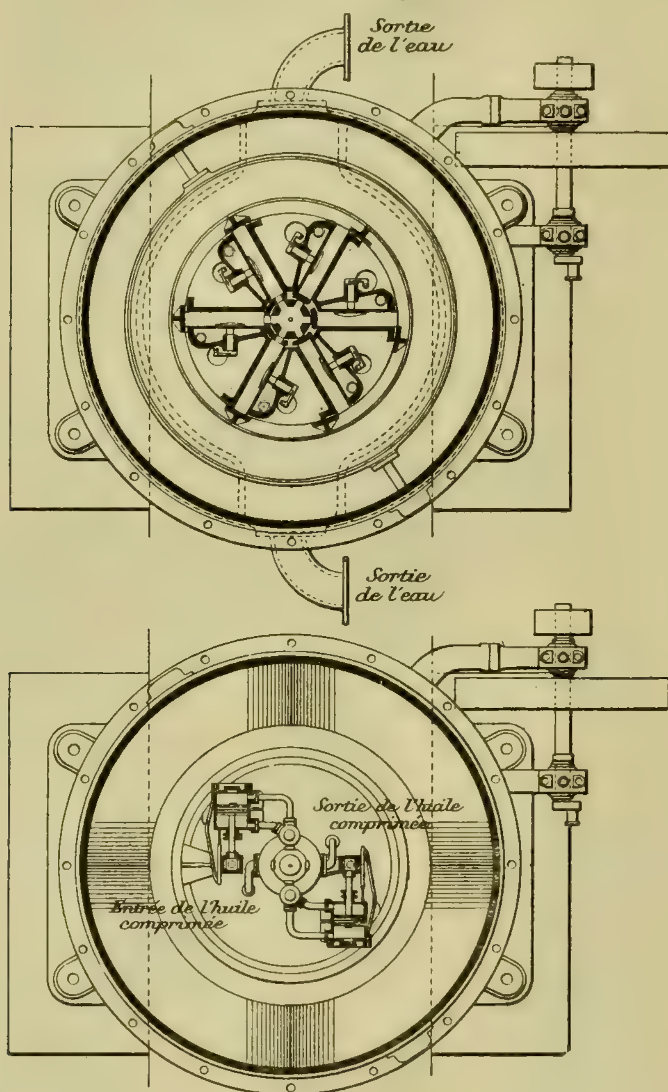


Fig. 8. — Appareil à centrifuger les boues, système Schäfer-ter Meer (plan).

tenue en mouvement dans le réservoir muni d'un agitateur, et par suite bien homogène, vient remplir les compartiments, la coulisse interne étant ouverte. Par suite de la force centrifuge, les parties les plus denses des boues sont projetées vers la périphérie ; au contraire, l'eau et les graisses, plus légères,

refluent à travers le tamis dans le sens de rotation du tambour et s'écoulent hors de l'appareil par un canal qui les conduit dans des bacs de dépôt. Pendant ce temps, l'eau est remplacée régulièrement par de nouvelles boues qui entrent dans le tambour, de sorte qu'au bout d'environ deux minutes, les compartiments se trouvent remplis. L'anneau intérieur se ferme alors et l'anneau extérieur s'ouvre : les boues centrifugées sont évacuées par la force centrifuge contre le manteau

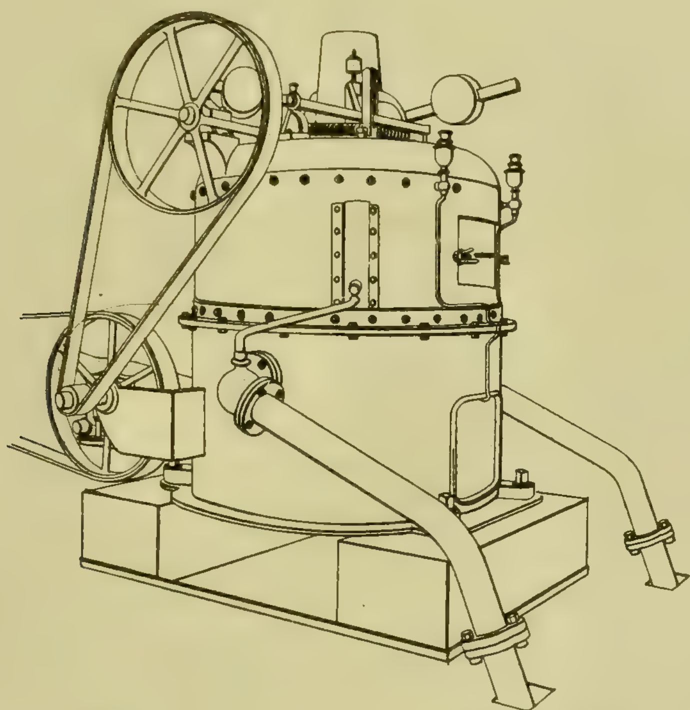


Fig. 9. — Appareil à centrifuger les boues, système Schäfer-ter Meer (vue d'ensemble).

de l'appareil où elles se pulvérisent et tombent ensuite par des ouvertures sur un transporteur à courroies situé au-dessous. L'anneau extérieur se referme, l'anneau intérieur s'ouvre et une nouvelle opération recommence.

La vitesse de rotation du tambour est de 750 tours à la minute. Le mouvement des deux anneaux du tambour se fait au moyen d'huile pressée qui en règle l'ouverture et la fermeture.

Le tableau XI indique la composition des eaux d'égout qui ont abandonné les boues traitées. Les eaux qui proviennent des

puits III et IV sont surtout des eaux ménagères, très riches en matières organiques dissoutes : le permanganate absorbé varie entre 550 et 815 milligrammes, l'azote total entre 91 et 212 milligrammes. Les eaux qui proviennent des puits I et II sont mélangées d'eaux industrielles et sont moins concentrées; le permanganate absorbé varie de 411 à 682 milligrammes, et l'azote total de 64 à 88 milligrammes. La teneur en matières en suspension est moyenne. La boue brute obtenue renferme en moyenne 92,2 pour 100 d'eau et 7,8 pour 100 de matière sèche; son poids spécifique moyen est de 1,019. La matière sèche renferme en moyenne 21,9 pour 100 de matières minérales et 78,1 pour 100 de matières organiques. La quantité de boues brutes traitées par appareil et par heure a varié entre $1^{m3},36$ et $1^{m3},86$ soit en moyenne $1^{m3},58$. Le rendement en boue centrifugée a été en moyenne de 175 kilogrammes par mètre cube de boue brute, et chaque appareil a produit par heure $287^{kg},5$ de boue centrifugée. Cette boue centrifugée ne renferme plus en moyenne que 72,5 pour 100 d'eau en poids, et son poids spécifique atteint 1,111. Elle renferme de 18,5 à 31 pour 100 de matières minérales et 69,0 à 81,5 pour 100 de matières organiques, aussi se brûle-t-elle facilement quand elle est desséchée; son pouvoir calorifique est alors de 4.000 calories environ. Sa richesse en azote atteint 2,5 pour 100 de la matière sèche. Cette présence de matières azotées, jointe à celle de la potasse, de l'acide phosphorique et de la chaux, en fait un engrais qui n'est pas sans valeur et que les agriculteurs des environs de *Harburg* achètent à raison de 1 mark la voiture.

Quant à l'eau qui s'écoule des appareils de centrifugation, elle est putride et renferme en moyenne 3,7 pour 100 de matières sèches constituées pour la plus grande partie (91 pour 100) par des matières organiques.

Le tableau XII indique l'ensemble des résultats les plus importants obtenus dans ces expériences de *Harburg*.

Les frais de centrifugation comprennent les dépenses de force motrice, d'amortissement des appareils et des bâtiments et les dépenses de main-d'œuvre. Les dépenses de force motrice ont atteint $0^{mk},28$ par mètre cube de boue brute, soit $1^{mk},63$ par 1000 kilogrammes de boue obtenue après centrifu-

gation. L'installation totale revient à 22.000-25.000 marks par appareil installé, non compris les bâtiments et le moteur. En comptant un amortissement à 5 pour 100 de l'appareil et du moteur, les dépenses de force motrice, de main-d'œuvre et les frais généraux divers, on arrive à une dépense de 2^{mk},87 par 1000 kilogrammes de boue centrifugée obtenue. En adoptant ce chiffre, il est facile de calculer, en s'aidant des documents contenus dans les tableaux XI et XII, que la centrifugation des boues entraînerait une dépense journalière de 13 marks environ pour les 3500 mètres cubes d'eau de la ville de *Harburg*. Pour une grande ville produisant journellement, comme la ville de *Paris* 775.000 mètres cubes d'eau d'égout, renfermant en moyenne 1^{gr},25 de matières en suspension par litre, la dépense journalière dépasserait 7.000 francs et il faudrait 400 appareils à centrifugation ! La méthode n'est donc applicable qu'aux petites installations.

III. — Sur la séparation des matières en suspension et des graisses des eaux résiduaires, particulièrement au moyen du procédé Kremer [1].

Il est très important de séparer au préalable les graisses des boues des eaux résiduaires, car les boues dégraissées se dessèchent beaucoup plus facilement et se désagrègent plus vite ; en outre leur emploi en agriculture est bien plus facile. Le procédé *Kremer* présente sous ce rapport un très grand intérêt. De petits appareils ont d'abord été installés dans un grand nombre de villes allemandes, notamment dans des hôtels, des casernes, des hôpitaux, puis en 1903 on installa le premier grand appareil à *Osdorf*, près de *Berlin*. Depuis juillet 1907, la station de pompes de *Charlottenbourg*, près de *Berlin*, possède trois gros appareils *Kremer*. La ville de *Chemnitz* en a installé en 1905 également trois, et la ville de *Dresde* a entrepris en 1906 des essais avec un gros appareil. Dans ces installations, les eaux résiduaires à traiter étaient très différentes. Les eaux d'*Osdorf* et de *Charlottenbourg* étaient très

[1] D'après Bahse, *Technischen Gemeindeblatt*, XI, n° 11, 1908.

TABLEAU XI. — **Composition des eaux d'égout de Ha**

NUMÉROS DU JOURNAL D'ÉCHANTILLONNAGE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	ÉPOQUE DE LA PRISE D'ÉCHANTILLON		TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES		ASPECT EXTÉRIEUR DE L'EAU À L'ARRIVÉE AU LABORATOIRE				
		JOUR	HEURE	DE L'EAU	DE L'AIR	LIMPIDITÉ	TRANSPARENCE EN CENTIMÈTRES	COULEUR	ODEUR	DÉPÔT (quantité, couleur, etc.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
209	Échantillon venant des puits I et II.	18.2.1908	10h30 matin à 3h30 soir	9,0	5,0	très trouble	moins de 1	jaune grise	fécaloïde	abon-dants flocon gris
226	*Id.*	19.2.1908	*Id.*	9-12	5,0	*Id.*	*Id.*	grise jaunâtre	urineuse	*Id.*
231	*Id.*	20.2.1908	*Id.*	8,5-11	7,5	*Id.*	*Id.*	jaune grise	fécaloïde	*Id.*
237	*Id.*	21.2.1908	*Id.*	9,0	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	urineuse	*Id.*
242	*Id.*	22.2.1908	*Id.*	9-12	7,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*	putride	*Id.*
247	*Id.*	23.2.1908	*Id.*	8,5-10	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*
210	Échantillon venant des puits III et IV.	18.2.1908	*Id.*	9,0	5,0	*Id.*	*Id.*	jaune	fécaloïde	*Id.*
227	*Id.*	19.2.1908	*Id.*	8-9	5,0	*Id.*	*Id.*	jaune grise	urineuse	*Id.*
232	*Id.*	20.2.1908	*Id.*	8,5	7,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*	putride	*Id.*
238	*Id.*	21.2.1908	*Id.*	8,5	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	de choux	*Id.*
243	*Id.*	22.2.1908	*Id.*	9,0	7,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*	putride	*Id.*
248	*Id.*	23.2.1908	*Id.*	8,5	7,0	*Id.*	*Id.*	*Id.*	urineuse	*Id.*

...ment des expériences de centrifugation.

...LYSE : UN LITRE D'EAU RENFERME (en milligrammes)								BOUES		PERMANGANATE ABSORBÉ (en milligrammes par litre)	OBSERVATIONS
...ON FILTRÉE		EAU FILTRÉE									
			AZOTE								
...S ...ON ...AU ROUGE	HYDROGÈNE SULFURÉ	CHLORE	TOTAL	AMMONIACAL	NITRATÉ	NITRITÉ	ORGANIQUE	VOLUME EN LITRES PAR MÈTRE CUBE	TENEUR EN EAU POUR 100 EN POIDS		
...14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
...567	présence	400	83	64	0	0	19	7,5	93,7	461	L'échantillon était déjà en décomposition à l'arrivée au laboratoire. Le dégagement d'hydrogène sulfuré n'était pas encore terminé après 10 jours.
...628	*Id.*	296	98	76	0	0	22	9,6	93,4	537	Comme 209.
...427	*Id.*	352	108	88	0	0	20	5,7	91,8	468	*Id.*
...501	*Id.*	512	113	7 4	0	0	39	3,6	89,0	682	*Id.*
...570	*Id.*	264	80	66	0	0	14	10,4	92,5	619	*Id.*
...82	*Id.*	188	96	76	0	0	20	1,8	93,4	411	L'échantillon dégage de l'hydrogène sulfuré deux jours après l'arrivée au laboratoire. Cette formation d'hydrogène sulfuré n'est pas encore terminée après 10 jours.
...1714	*Id*	340	212	181	0	0	31	22,0	90,8	815	L'échantillon était déjà en putréfaction à l'arrivée au laboratoire. Le dégagement d'hydrogène sulfuré n'était pas encore terminé après 10 jours.
...312	0	252	133	103	0	0	30	6,2	93,3	727	Le dégagement d'hydrogène sulfuré n'a commencé qu'un jour après l'arrivée au laboratoire. Le reste comme 210.
...695	présence	320	115	92	0	0	23	10,2	91,4	645	Comme 210.
...401	traces	320	120	93	0	0	27	5.8	91,5	777	*Id.*
...600	0	206	91	70	0	0	21	5,0	88,1	550	Comme 227.
...178	0	264	154	121	0	0	33	3,8	94,9	670	*Id.*

TABLEAU XII. — **Récapitulation des résultats les plus importants des**

DATE DE L'ESSAI	DURÉE DE L'ESSAI		BOUES BRUTES PROVENANT DES PUITS NUMÉROS				AGE DE CES BOUES	QUANTITÉ TOTALE DE BOUES EN MÈTRES CUBES	POIDS SPÉCIFIQUE DE LA BOUE BRUTE
	heures	minutes	I	II	III	IV	jours		
1	2		3				4	5	6
Mardi 18 février.	3	35	I	»	»	»	3	10,388	1,022
Mercredi 19 février	3	38	»	»	III	»	3	11,865	1,017
Jeudi 20 février.	3	05	I	»	»	»	1	8,356	1,012
Vendredi 21 février	1	31	»	»	III	»	1	5,646	1,021
Samedi 22 février.	4	46	»	II	»	»	6	15,868	1,025
Totaux.	16	35	»	»	»	»	»	52,123	»
Valeurs moyennes[1].	»	»	»	»	»	»	»	10,400	1,019
Essai spécial: Dimanche 23 fév.	»	»	»	»	»	IV	3	3,924	1,010

DATE DE L'ESSAI	RENDEMENT EN BOUE CENTRIFUGÉE			POIDS SPÉCIFIQUE	RENDEMENT DE CENTRIFUGATION	NUMÉRO DE L'ÉCHANTILLON	COMPOSITION DU LIQUIDE QUI SORT DES APPA[REILS] CENTRIFUGES		
	THÉORIQUE	PRATIQUE					EAU POUR 100 EN POIDS	MATIÈRE SÈCHE	MAT[IÈRES] MINÉRALES POUR [100] EN P[OIDS] DE LA M[ATIÈRE] SÈC[HE]
	kgr	kgr	PAR MÈTRE CUBE DE BOUE BRUTE						
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Mardi 18 février.	3127	2 149	207	1,111	68,7	208	95,5	4,5	11,1
Mercredi 19 février	3793	2 360	199	1,111	62,3	223	96,0	4,0	6,8
Jeudi 20 février.	2456	1 390	166	1,111	56,7	250	96,1	3,9	8,2
Vendredi 21 février	1404	650	115	1,250	46,3	256	97,2	2,8	7,9
Samedi 22 février.	1580	2 977	188	1,111	64,9	241	96,8	3,2	11,2
Totaux.	»	9 526	»	»	»	»	»	»	»
Valeurs moyennes[1]	»	par heure et par appareil $\frac{575}{2} = 287,5$	175	»	60,0	»	96,3	3,7	9,0
Essai spécial: Dimanche 23 fév.	858	598	101	1,081	69,8	240	»	2,3	7,8

1. *Remarque.* — Les valeurs moyennes se rapportent seulement aux cinq premiers jours d'essais

ntrifugation des boues faits à Harburg du 17 au 23 février 1908.

Composition de la boue brute — Eau pour 100 en poids	Composition de la boue brute — Matière sèche	Composition de la boue brute — Matières pour 100 en poids de la matière sèche — Minérales	Composition de la boue brute — Matières pour 100 en poids de la matière sèche — Organiques	N° de l'échantillon	Composition de la boue centrifugée — Eau pour 100 en poids	Composition de la boue centrifugée — Eau pour 100 en volume	Composition de la boue centrifugée — Matière sèche	Composition de la boue centrifugée — Matières pour 100 en poids de la matière sèche — Minérales	Composition de la boue centrifugée — Matières pour 100 en poids de la matière sèche — Organiques
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
92,4	7,6	25,0	77,0	207	74,2	66,7	25,8	31,0	69,0
91,7	8,3	18,0	82,0	224	73,6	65,5	26,4	24,0	76,0
91,2	8,8	25,8	74,2	229	69,7	62,6	30,5	18,0	72,0
93,4	6,6	20,0	80,0	235	72,9	58,3	27,1	28,5	81,5
92,2	7,8	23,0	77,0	245	72,3	65,0	27,7	22,1	77,9
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
92,2	7,8	21,9	78,1	»	72,3	65,3	27,5	24,7	75,3
96,0	4,0	18,7	8,15	245	72,1	66,5	27,9	22,2	77,8

[N]ombre des [cent]rifugations	Boue brute par charge en litres	Boue centrifugée par charge en kg	Consommation de force en kilowatts-heure	Consommation de force pour les appareils seuls en kilowatts-heure	Consommation de force par mètre cube de boue en kilowatt-heure	Consommation de force par 1000 kg de boue centrifugée obtenue en kilowatt-heure	Dépenses en comptant 7 pfenning le kilowatt-heure par mètre cube de boue brute en pfenning	Dépenses en comptant 7 pfenning le kilowatt-heure par 1000 kg de boue centrifugée obtenue en mark
29	30	31	32	33	34	35	36	37
× 61 = 122	85	17,6	69	47,6	4,6	22,2	32,2	1,55
× 78 = 156	76	15,1	67	46,2	3,9	19,6	27,5	1,57
× 54 = 108	77,5	12,9	54	37,5	4,5	26,8	31,5	1,88
× 23 = 46	123	14,2	27	18,6	3,5	28,6	25,1	2,00
× 90 = 180	88	16,5	84	58,0	3,7	19,5	25,9	1,57
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	15,2	»	»	4,0	23,5	28,0	1,63
× 16 = 32	185	18,7	30	20,7	3,5	34,6	24,5	2,42

jour, consacré à des essais spéciaux, n'a pas donné lieu à un travail normal de centrifugation.

contaminées et renfermait environ 760 à 1000 milligrammes de matières en suspension par litre; au contraire, les eaux de *Chemnitz* étaient très étendues et renfermaient beaucoup de fines particules qui ne se déposaient que très lentement (55 à 70 pour 100 en 12-24 heures). Dans tous les cas, les résultats obtenus ont été favorables à l'appareil *Kremer*.

Les graisses sont facilement recueillies à la partie supérieure de l'appareil. Quant aux boues qui se déposent au fond, leur traitement dépend des conditions locales. Si la boue dégraissée doit être utilisée par les agriculteurs, elle est enlevée à l'état frais; si au contraire l'utilisation agricole n'est pas possible, la boue est abandonnée à la fermentation en fosse septique, et la dégradation de ces boues dégraissées est très rapide. L'appareil *Kremer*, combiné avec un puits de décantation (système *Imhoff*) est, dans ce cas, particulièrement recommandable.

L'examen de la vitesse du courant dans les différentes parties d'un appareil *Kremer* montre que les particules en suspension peuvent parfaitement se déposer. Tandis qu'à l'entrée, avec une alimentation de 10 litres à la seconde, la vitesse du courant est de 10 millimètres par seconde, elle n'est plus que de 5 millimètres dans la calotte supérieure où se rassemblent les graisses et de $0^{mm},82$ dans la chambre inférieure de dépôt. Sous le rapport de l'alimentation de l'appareil, les essais ont montré qu'on obtient encore une clarification appréciable avec un chargement de 35 litres à la seconde, le chiffre normal étant de 10 litres. Les expériences de Dresde ont démontré en outre qu'au delà de 70 litres par seconde, la clarification ne se produit plus; seules les particules légères de graisses et de cellulose peuvent être retenues à la partie supérieure de l'appareil, avec une vitesse de courant de 25 à 40 millimètres à la seconde. Ces chiffres dépendent d'ailleurs de la nature des eaux à traiter.

Il est parfois nécessaire de faire subir aux boues une décantation artificielle. Sous ce rapport, les essais faits à *Francfort* et à *Chemnitz* avec des appareils centrifuges ont donné des résultats encourageants, car les boues dégraissées se centrifugent aisément à un prix assez peu élevé. En 12 heures, on peut traiter 14 à 16 mètres cubes avec un appareil centrifuge

de *Haubold* (*Chemnitz*); les boues n'ont plus que 60 à 70 pour 100 d'eau et les frais s'élèvent en moyenne à 0^{mk},50 par mètre cube. Avec les appareils centrifuges construits aujourd'hui par *Smulders* (*Rotterdam*), *Egestorff* (*Hannover-Linden*) [1], on peut arriver à traiter avantageusement les boues par cette méthode. L'addition d'un peu de tourbe ou de 1/2 pour 100 de chaux facilite beaucoup le travail.

Les résultats obtenus avec les appareils *Kremer* dans les expériences d'*Osdorf*, et de *Chemnitz* sont réunis dans les tableaux XIII et XIV ci-joints. Les résultats des expériences

TABLEAU XIII.

Essais faits à Osdorf avec l'appareil Kremer.

NATURE DE L'ÉCHANTILLON			MATIÈRES EN SUSPENSION			CLARIFICATION 0/0	
			inorganiques	organiques	totales	de matières totales en suspension	de matières organiques en suspension
1er ESSAI.	Eau brute.		143	413	556		
	Eau clarifiée.	Marche continue.	83	365	448	19,4	11,6
		Marche intermittente.	65	106	171	69,2	74,2
2e ESSAI.	Eau brute.	Marche intermittente.	192	434	626		
	Eau clarifiée.		56	32	88	85,9	92,6
3e ESSAI.	Eau brute.		171	699	870		
	Eau clarifiée.		38	215	253	70,9	69,2

de Charlottenbourg sont exposés dans la note spéciale consacrée à ces essais. Quant aux expériences de *Dresde*, le rapport de M. *Klette* dans le journal *Die Gesundheit*, n° 22, 1907, montre que l'appareil *Kremer* a donné aussi à *Dresde* des résultats favorables. Il résulte de tous ces essais que la séparation des matières en suspension est plus parfaite en marche intermittente qu'en marche continue, et que l'appareil *Kremer* permet la séparation de 50 à 80 pour 100 des matières en suspension en travail discontinu, le chiffre le plus élevé s'appliquant

(1) Voir précédemment la notice spéciale consacrée à ces appareils. (Ce même chapitre, § II)

Tableau XIV. — **Résultats des expériences poursuivies pendant deux ans à la station expérimentale de Chemnitz avec 3 appareils Kremer.**

NUMÉROS	MODE DE TRAVAIL	NOMBRE D'ESSAIS DONT LES CHIFFRES SONT LES MOYENNES	MATIÈRES EN SUSPENSION DANS L'EAU EN MILLIGRAMMES PAR LITRE														
			SÉPARATEUR DES GRAISSES						APPAREILS N°s								
			ENTRÉE			SORTIE			I			II			III		
			TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN	TOTAL	ORG.	MIN.
			mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.	mgr.
1	Appareils 1 et II, alimentation 10 lit. par seconde, marche intermittente avec séparation des graisses	14	214	89	125	159	65	76	95	59	56	102	42	60	»	»	»
		5	398	122	276	328	99	229	150	55	75	150	55	75	»	»	»
		19	262	98	164	189	75	116	101	42	59	125	47	76	»	»	»
2	Appareils I, II et III, comme ci-dessus.	5	177	84	95	144	67	77	95	46	49	109	55	56	91	47	44
		2	362	161	201	325	152	191	175	71	102	202	82	120	146	56	90
		7	250	106	124	195	86	109	117	55	64	156	61	75	107	50	57
3	Nouvel appareil III, alimentation 10 lit. par seconde, marche continue, sans séparation des graisses	7	»	»	»	199	76	125	»	»	»	»	»	»	116	46	70
		2	»	»	»	165	68	97	»	»	»	»	»	»	96	46	50
		9	»	»	»	192	75	117	»	»	»	»	»	»	111	46	65
4	Appareil I amélioré comme ci-dessus n° 3	7	»	»	»	207	76	151	129	49	80	»	»	»	»	»	»
		4	»	»	»	282	65	217	196	48	148	»	»	»	»	»	»
		11	»	»	»	254	72	162	155	49	104	»	»	»	»	»	»
5	Comme le n° 3 ci-dessus, mais avec séparation des graisses .	5	249	128	121	268	135	155	»	»	»	»	»	»	195	112	85
6	Appareils I et III, alimentation 10 lit. par seconde, marche intermittente avec séparation des graisses	20	242	123	119	198	104	94	128	79	49	»	»	»	154	81	55
		4	419	151	288	287	105	184	157	76	84	»	»	»	177	74	105
		24	271	124	147	215	104	109	155	78	55	»	»	»	141	80	61
7	Comme le n° 6 ci-dessus, mais avec addition de matières fécales.	21	312	175	157	270	157	115	165	97	68	»	»	»	175	105	70
		14	484	249	255	367	175	192	217	112	105	»	»	»	229	119	110
		35	381	204	177	300	165	157	186	102	84	»	»	»	196	111	85
8	Comme le n° 7 ci-dessus. Échantillons de nuit	21	188	109	79	»	»	»	86	50	56	»	»	»	79	42	57
9	Comme le n° 8, échantillons de jour et de nuit. Ensemble . .	8	257	138	119	»	»	»	111	65	46	»	»	»	115	66	49
10	Appareils I, II et III, alimentation 18l,8 par seconde, marche continue, sans séparation des	3	»	»	»	156	77	59	156	77	59	154	96	68	154	75	59
		4	»	»	»	217	102	115	178	89	89	200	94	106	165	72	91
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	87	147	80	67	173	96	77	141	74	67

NUMÉROS	(A) DANS LE SÉPARATEUR DES GRAISSES			(B). — DANS LES APPAREILS N°s									(C). — DANS LE SÉPARATEUR DE GRAISSES ET DANS LES APPAREILS, ENSEMBLE N°s									OBSERVATIONS
				I			II			III			I			II			III			
	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	TOTAL	ORG.	MIN.	
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1	36,0	29,2	39,2	31,7	38,1	26,3	26,6	33,3	21,1	»	»	»	55,6	56,2	55,2	52,3	52,8	52,0	»	»	»	Temps sec.
	17,6	18,9	17,0	60,4	44,4	67,2	60,4	44,4	67,2	»	»	»	67,3	54,9	72,8	67,3	54,9	72,8	»	»	»	Temps pluvieux.
	27,9	25,5	29,2	46,4	42,5	49,1	35,0	35,6	34,5	»	»	»	61,5	57,1	64,0	53,0	52,0	53,7	»	»	»	Moyenne.
2	18,6	20,2	17,2	34,0	31,3	36,4	24,3	20,9	27,3	36,8	29,9	42,9	46,3	45,2	47,5	38,4	36,9	39,8	48,6	44,1	52,7	Temps sec.
	10,8	18,0	5,0	46,4	46,2	46,6	37,5	37,9	37,2	54,8	57,6	52,9	52,2	55,9	49,5	44,2	49,1	40,3	59,7	65,2	55,2	Temps pluvieux.
	15,2	18,9	12,1	40,0	38,4	41,3	30,5	29,1	31,2	45,1	41,9	47,7	49,1	50,1	48,4	40,9	42,5	39,5	55,5	52,8	54,0	Moyenne.
3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	41,7	39,5	45,1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps sec.
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	41,8	32,4	48,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps pluvieux.
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	42,2	38,7	44,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Moyenne.
4	»	»	»	37,7	35,5	38,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps sec.
	»	»	»	30,5	26,2	31,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps pluvieux.
	»	»	»	34,6	32,0	35,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Moyenne.
5	0,0	0,0	0,0	»	»	»	»	»	»	27,2	15,8	38,5	»	»	»	»	»	»	21,7	12,5	31,4	Moyenne pr temps sec.
6	18,2	15,8	21,0	33,3	24,0	47,9	»	»	»	32,2	22,1	43,6	47,1	33,8	58,8	»	»	»	44,6	54,2	55,5	Temps sec.
	31,5	21,4	36,1	45,3	26,2	56,0	»	»	»	58,3	28,2	44,1	62,5	42,0	71,9	»	»	»	57,8	45,5	64,2	Temps pluvieux.
	21,4	16,1	25,9	37,6	25,0	49,5	»	»	»	35,8	25,1	44,0	50,9	37,1	62,6	»	»	»	48,0	55,5	58,5	Moyenne.
7	15,5	10,5	17,5	38,9	38,2	39,8	»	»	»	35,2	35,1	38,1	47,1	44,6	50,4	»	»	»	45,9	40,0	48,9	Temps sec.
	24,2	29,7	18,5	40,9	36,0	45,3	»	»	»	57,6	32,0	42,7	55,2	55,0	55,5	»	»	»	62,7	52,2	55,2	Temps pluvieux.
	21,5	20,1	22,6	38,0	37,4	38,7	»	»	»	34,7	31,9	38,0	51,2	50,0	52,5	»	»	»	48,6	45,6	52,0	Moyenne.
8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	54,3	54,1	54,4	»	»	»	58,0	61,5	55,2	Moyenne.
9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	56,8	52,9	61,5	»	»	»	55,5	52,2	58,8	Moyenne.
10	»	»	»	27,5	29,4	24,4	12,5	11,9	12,8	28,3	31,2	24,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps sec.
	»	»	»	18,0	12,7	22,6	7,8	7,8	7,8	24,9	29,4	20,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Temps pluvieux
	»	»	»	24,6	25,9	23,0	11,5	11,1	11,5	27,7	31,5	25,0	»	»	»	»	»	«	»	»	»	Moyenne.

aux eaux fortement contaminées. En marche continue, les essais faits à *Charlottenbourg* ont conduit à une séparation de 60 à 70 pour 100 des matières en suspension. Mais la marche discontinue, qui exige un nombre double d'appareils, n'est pas indispensable, et on doit la réserver pour le cas des eaux très difficiles à clarifier. La teneur en eau de la couche surnageante est en moyenne de 72 pour 100, celle du dépôt de 87 pour 100. L'eau qui sort de l'appareil *Kremer* s'épure beaucoup plus facilement par les procédés biologiques ou par l'épandage.

IV. — Expériences faites a Charlottenburg avec l'appareil Kremer [1].

Ces essais ont été faits à la station de pompes de *Charlottenburg*, avec deux appareils *Kremer*, reliés chacun à une fosse septique. La disposition des appareils permettait de marcher soit d'une façon continue, soit d'une façon intermittente, et d'employer les deux appareils isolés ou réunis ensemble à la suite l'un de l'autre. La figure 10 représente la disposition des deux appareils. L'appareil I, du système *Kremer-Imhoff*, était muni d'une fosse à boues; son volume total était 64^{mc},3, dont 28^{mc},5 pour la chambre de clarification et 35 mètres cubes 8 pour la fosse à boues. Sur ces 35^{mc}8, 24^{mc}1 étaient utilisables pour le dépôt des boues. La chambre de clarification était séparée de la fosse à boues par des parois obliques laissant entre elles seulement les deux ouvertures s et s_1, libres pour le passage des dépôts. L'évacuation des boues fermentées se faisait par une canalisation s'ouvrant, en forme d'entonnoir renversé, au point le plus bas de la fosse. L'appareil II était du type *Kremer* simple; sa chambre de clarification dont les dimensions atteignaient 2^{m},91 pour la longueur, 4 mètres pour la largeur et 2^{m},43 pour la profondeur, avait une contenance de 28^{mc},5.

L'eau traitée provenait de la canalisation de *Charlottenburg*,

[1] D'après le rapport de C. Zahn et K. Reichle, *Mitteilungen aus der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung* zu *Berlin*, 1908, heft 10.

construite d'après le système unitaire et débitant environ 30 000 mètres cubes par jour. Cette eau passait d'abord dans la fosse à sables de la station de pompes, puis à travers un réservoir fermé muni d'une grille, dont les barreaux, distants de 2 centimètres, retenaient les corps flottants. Cette eau d'égout était assez concentrée; elle renfermait par litre 264

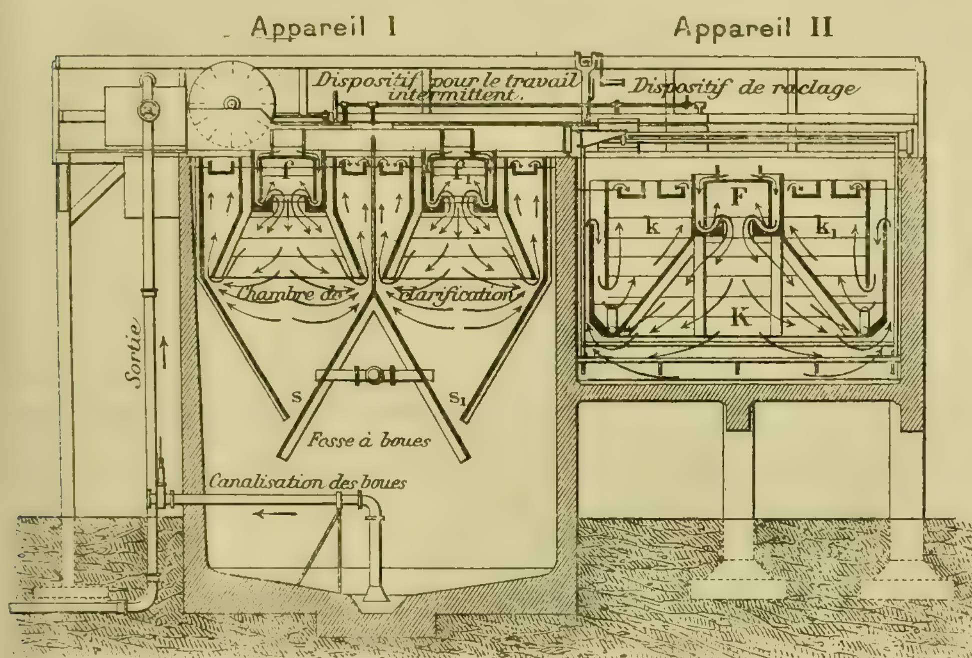


Fig. 10. — Appareil Kremer.

milligrammes de chlore, 85 milligrammes d'azote total dont 59 milligrammes d'azote ammoniacal et 26 milligrammes d'azote organique. La quantité totale de matières en suspension variait entre 413 et 1432 milligrammes par litre, soit en moyenne 726 milligrammes. Les matières en suspension ayant plus d'un millimètre de grosseur variaient entre 22 et 650 milligrammes par litre, soit en moyenne 196 milligrammes ou 27 pour 100 des matières totales en suspension.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

1er Essai. — *Marche intermittente; passage de l'eau pendant 12 minutes dans chaque appareil, puis arrêt pendant 24 minutes.*

DATE de L'ESSAI	DURÉE DE MARCHE par jour Heures	Minutes	NUMÉRO de L'APPAREIL	QUANTITÉ D'EAU qui a traversé l'appareil	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0	QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
				mc.		
4/7/07	10	30	I	68	65,4	
			II	68	68,7	
5/7/07	10	30	I	73	77,7	
			II	73	77,3	
6/7/07	10	30	I	78	80,7	0,239
			II	78	80,3	
8/7/07	8	45	I	55	53,0	
			II	55	55,7	
9/7/07	8	20	I	58	63,3	
			II	58	63,1	

On voit qu'avec ce mode de travail et avec une alimentation journalière d'environ 66 mètres cubes, on a obtenu avec chacun des appareils la séparation de 68 à 69 pour 100 des matières en suspension.

2e Essai. — *Marche intermittente; passage de l'eau pendant 17 minutes dans chaque appareil, puis arrêt pendant 17 minutes.*

DATE de L'ESSAI	DURÉE DE MARCHE par jour Heures	Minutes	QUANTITÉ D'EAU qui a traversé les appareils	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0 dans l'appareil I	dans l'appareil II	QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
			mc.			
10/7/07	10	30	207	58,1	57,2	
12/7/07	11	»	251	52,1	51.7	0.400
13/7/07	11	»	328	43,6	84.9	
15/7/07	10	30	223	63,7	66,1	

Dans ces conditions, avec une alimentation journalière moyenne de 123^mc^,6, on a obtenu dans l'appareil I la séparation de 54,4 pour 100 et dans l'appareil II, la séparation de 65,0 pour 100 des matières en suspension.

3e Essai. — *Marche continue des deux appareils réunis ensemble à la suite l'un de l'autre.*

DATE de L'ESSAI	DURÉE DE MARCHE par jour		QUANTITÉ D'EAU qui a traversé les appareils	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0			QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
	Heures	Minutes		dans l'appareil I	dans l'appareil II	TOTAL	
			mc.				
17/7/07	11	»	236	»	»	80,5	0,360
19/7/07	10	30	185	64,5	5,0	69,5	
23/7/07	10	30	205	74,4	6.6	81,0	
24/7/07	10	30	246	61,7	1,0	62,7	

On voit que, dans ces conditions, avec une alimentation journalière moyenne de 218 mètres cubes, on a obtenu en moyenne la séparation de 73,4 pour 100 des matières en suspension. Le second appareil n'a retenu qu'une faible quantité de fins dépôts, surtout composés de matières organiques.

Essais 4 et 5. — *Marche continue des deux appareils séparément.*

DATE de L'ESSAI	NUMÉRO de L'APPAREIL	DURÉE DE MARCHE par jour		QUANTITÉ D'EAU qui a traversé l'appareil	MATIÈRES EN SUSPENSION séparées 0/0	QUANTITÉ D'EAU en mc. traitée par heure de marche et par mc. de chambre de clarification
		Heures	Minutes			
				mc.		
17/7/07	I	11	»	236	44.2	0,668
19/7/07	I	10	30	185	64,5	
23/7/07	I	10	30	205	74,4	
24/7/07	I	10	30	246	61,7	
3/8/07	I	10	30	163	59,4	
29/7/07	II	11	30	209	64,1	
31/7/07	II	11	30	196	53,9	
2/8/07	II	11	30	218	64.0	
5/8/07	II	11	20	211	70,6	
7/8/07	II	10	30	212	50,2	

On voit en outre que, pour une alimentation journalière de 207-209 mètres cubes, à peu près la même pour les deux appareils, la séparation des matières en suspension a atteint 60,8 pour 100 pour l'appareil I et 60,6 pour 100 pour l'appareil II.

La couche de matières grasses séparées a été recueillie dans ces divers essais, et les résultats obtenus ont été les suivants :

NUMÉRO de L'ESSAI	NUMÉRO de L'APPAREIL	QUANTITÉ D'EAU ayant fourni la couche de graisses	POIDS de la couche de graisse fraîche en kg.	TENEUR EN GRAISSES DE LA COUCHE 0/0			TENEUR EN EAU de la couche de graisses 0/0
				totale kg.	de la substance fraîche	de la substance sèche	
		mc.					
1	I	451	6,1	1,214	19,9	79,6	75,0
	II	451	16,2	3,532	21.8	80,3	72,9
2	I	721	18,8	3,873	20,6	82,4	75 0
	II	721	31,9	6,922	21,7	77,0	71,7
3	I	1361	27,1	5,735	21,2	81,8	74,1
	II		2,3	0,145	6,3	52,9	88.1
4 et 5	I	1287	21,5	4,825	22,4	41.4	45,8
	II	1200	30,1	6.381	21.2	84,8	75,0

On voit que l'appareil I a toujours donné une séparation des graisses plus faible que l'appareil II. Ce fait tient très probablement à la vitesse trop faible de l'eau à son passage dans le séparateur de graisses de l'appareil I, avec l'alimentation relativement réduite de 51,55 par seconde. Cette vitesse n'était en effet que de 5 millimètres par seconde dans l'appareil I au lieu de 10 millimètres dans l'appareil II, et on a constaté également dans les autres installations qu'une alimentation trop faible, qui réduit la vitesse du courant pendant le passage dans le séparateur de graisses, a une influence défavorable sur l'élimination des matières grasses. Ce n'est qu'avec une alimentation assez forte que la séparation des matières en suspension se fait sous la forme d'une couche supérieure relativement riche en graisses et d'un dépôt inférieur relativement pauvre en graisses.

Dans ces essais, la teneur en graisses de la couche supérieure a été en moyenne de 21,3 pour 100 de la substance fraîche et de 75,3 pour 100 de la substance sèche. Par mètre cube d'eau traité, on a séparé en moyenne 4^{gr},007 de graisses avec l'appareil I et 7^{gr},583 avec l'appareil II.

Les boues ont été laissées dans les appareils pendant toute la durée des essais, puis mesurées et soumises à l'analyse. On a retiré de l'appareil I 9^{mc},1 de boues et de l'appareil II 9^{mc},88,

soit en tout $18^{mc},98$, correspondant environ à 6000 mètres cubes d'eau traitée. Les appareils ont donc séparé $3^{l},2$ de boues fraîches par mètre cube d'eau traitée. Dans des essais faits auparavant avec la même eau dans six bassins successifs de décantation et avec un chargement par heure de travail et par mètre cube de capacité voisin, pour les trois premiers bassins, de celui qui a été adopté pour les essais avec les appareils *Kremer*, on a séparé environ $3^{l},5$ de boues fraîches par mètre cube d'eau traitée. Le résultat pratique obtenu avec les appareils *Kremer* est donc satisfaisant et on peut dire que ces appareils séparent ce qui est pratiquement possible à séparer, les autres matières ne se déposant qu'avec une extrême lenteur.

La teneur des boues en eau a été de 88,6 pour 100 dans l'appareil I et de 85,4 pour 100 dans l'appareil II. La gazéification dans la fosse de l'appareil I a commencé à se manifester nettement au 14e jour de travail. Les gaz dégagés remplissaient en 9 heures au 20e jour de travail et en 3 h. 1/2 au 30e jour une grande bouteille de 16 litres de capacité. Ces gaz étaient constitués par un mélange de méthane, d'acide carbonique, d'hydrogène sulfuré et d'azote.

V. — Utilisation des boues.

Nous avons déjà exposé dans les précédents volumes de ces recherches (vol. II, p. 228, III, pp. 102-107) les diverses méthodes employées ou proposées pour le traitement et l'utilisation des boues. Nous rappellerons ici deux intéressants procédés allemands et nous exposerons un nouveau procédé expérimenté à *Oldham*.

A *Cassel* (*Allemagne*) les eaux d'égout sont traitées par simple sédimentation. Les boues déposées dans les bassins de décantation sont extraites par le vide après évacuation du liquide surnageant. Elles sont additionnées d'acide sulfurique dans un réservoir en bois, de façon à ce que le liquide soit légèrement acide au rouge Congo. Après repos, il se sépare une certaine quantité d'eau qui est évacuée. Débarrassées ensuite des matières volumineuses par criblage, les boues sont portées

à l'ébullition par un courant de vapeur puis, reprises par des monte-jus, elles sont passées au filtre-presse. Les tourteaux obtenus contiennent 50 à 60 pour 100 d'eau. Ils sont alors séchés sur des cylindres par la vapeur surchauffée jusqu'à ce qu'ils ne contiennent plus que 20 à 30 pour 100 d'eau.

Les tourteaux secs sont traités par déplacement par des benzols ou pétroles (de densité 0,8). Par distillation on récupère le benzol et la matière grasse est purifiée. Cette dernière vaut alors 375 francs la tonne. Le tourteau épuisé contient 2 à 2,5 pour 100 d'azote et 1 pour 100 d'acide phosphorique. Il peut être vendu comme engrais à un prix modéré.

Dans les bassins de décantation on recueille environ 80 pour 100 des matières en suspension des eaux d'égout. La boue sèche contient 18 pour 100 de matières grasses, dont 15 pour 100 peuvent être extraites. On traite annuellement 15 000 mètres cubes de boues à 90 pour 100 d'eau, soit environ 1500 tonnes de tourteaux secs. On en sépare 240 tonnes de matières grasses et il reste 1350 tonnes de tourteaux engrais.

Nous avons exposé dans le volume précédent le procédé employé à *Koepenick*, qui consiste à brûler les boues mélangées de lignite. En règle générale, les boues ne peuvent être brûlées que si elles sont séchées au préalable de façon à ne plus contenir que 10 à 20 pour 100 d'eau ou mélangées à des produits secs comme les gadoues ou ordures ménagères.

On a aussi proposé, pour l'extraction des graisses, l'emploi du tétrachlorure de carbone qui est plus coûteux que les autres dissolvants (750 francs la tonne); mais les pertes peuvent être réduites à 1 pour 100 et il a l'avantage d'être un produit non combustible, par suite peu dangereux à manier.

*
* *

On a expérimenté l'an dernier, à *Oldham* (*Angleterre*), un procédé de traitement des boues d'eaux d'égout dû au *Dr J. Grossmann*. Ce procédé supprime le caractère nauséabond des boues, leur épandage sur les terres ou leur transport à la mer, et, d'après l'inventeur, au lieu d'entraîner à des dépenses, donne un sous-produit d'une réelle valeur marchande.

L'eau d'égout, séparée des matières volumineuses qu'elle entraîne, est recueillie dans des bassins de décantation. Après

un repos suffisant, on laisse écouler l'eau ; les boues contenant environ 90 pour 100 d'eau sont passées au filtre-presse. Les gâteaux obtenus contiennent encore 50 pour 100 d'eau ; ils sont additionnés d'un produit chimique non indiqué et soumis à la distillation par un courant de vapeur surchauffée dans un appareil spécial. La vapeur entraîne les graisses qui se condensent dans des terres réfrigérantes et surnagent sur l'eau sous la forme de masses floconneuses. Dans l'appareil distillatoire il reste une poudre noire sèche sans odeur et qu'on dit être riche en azote.

On peut ainsi obtenir, paraît-il, plus de 5 pour 100 de graisses et 312 à 356 kilogrammes de résidu sec par tonne de boue pressée. Cette poudre sèche mélangée aux phosphates donne un bon engrais.

Le *Dr Grossmann* estime la valeur de la graisse de 184 à 246 francs la tonne. Les dépenses d'exploitation pour un traitement continu sont de 6 fr. 15 par tonne de boues pressées, ce qui laisserait un bénéfice appréciable. Le « *Oldham Health Committee* » est, paraît-il, très satisfait des expériences.

CHAPITRE VII

TRAVAUX RÉCENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DES LITS BACTÉRIENS

I. — Expériences de Lawrence avec les lits bactériens[1].

Les expériences de huit années relatées par *H. W. Clarck*, sont la continuation de celles de *Hiram Mills* qui ont servi de base à nos connaissances actuelles sur les procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout.

En juin 1889, à la suite d'expériences avec des lits de pierres cassées et de gros gravier, *Mills* établit que l'épuration de l'eau d'égout par nitrification et l'élimination des bactéries ne sont pas des phénomènes mécaniques, mais proviennent de transformations chimiques, résultant du lent passage du liquide en mince couche sur la surface des pierres au large contact de l'air.

Les lits percolateurs ne peuvent pas être substitués aux filtres à sable qui retiennent pratiquement toutes les matières en suspension dans l'eau d'égout, mais ils permettent l'oxydation totale des matières putrescibles de l'eau en laissant passer dans l'effluent la plupart des produits de cette oxydation et les substances difficilement décomposables.

Avec des lits de matériaux fins de 3 mètres ou $3^{m},30$ de profondeur, l'eau d'égout de *Lawrence* peut être épurée au taux de $1^{m3},763$ par mètre carré et par jour. L'effluent est bien nitrifié et presque toujours imputrescible, mais contient des matières en suspension. Dans certains cas cet effluent peut être évacué tel quel, mais le plus souvent on trouvera nécessaire de le faire passer dans un bassin de décantation ou de le filtrer sur sable.

(1) Résumé d'une note de H.-W. Clarck, *Engineering News*, 11 août 1907.

Lorsque l'eau d'égout subit un traitement préliminaire, fosses septiques ou bassins de décantation, on peut accroître le volume traité.

Dans les lits de pierres cassées de 6 à 25 millimètres de diamètre, les eaux déversées au taux de 1^{m3},109 par mètre carré et par heure traversent 0^{m},75 par heure et cette vitesse de translation peut être triplée dans les lits profonds, sans nuire à l'épuration. Avec un lit composé de pierres en couches séparées de grosseurs variables de 150 à 200 millimètres, puis de 100 à 150 millimètres, puis de 50 à 100 millimètres, puis de 12 à 50 millimètres et enfin une mince couche de coke et de charbon, avec un déversement égal, les eaux ont une vitesse de translation de 1^{m},80 par heure. Dans les lits de scories l'eau passe plus lentement à taux de déversement égal par suite de la rugosité de la surface des matériaux, car la surface de ruissellement est plus grande que pour les pierres. Aussi ces lits sont-ils plus efficaces à profondeur égale que ceux de pierres. La vitesse de translation de l'eau est moitié moins grande que pour les lits de pierres de même grosseur. Cependant ces lits de scories ont le grave désavantage de se désagréger et on ne peut s'en procurer partout économiquement, tandis que les pierres se trouvent toujours sur place. De plus on peut craindre avec les lits de scories, plus qu'avec ceux de pierres, de retenir les matières déversées et, par suite, le colmatage.

La nitrification est d'autant plus active que le lit est plus profond. Toutes conditions égales, un lit de 3 mètres de profondeur laissera écouler un effluent contenant 4 fois plus de nitrates qu'un lit de 1^{m},50 de profondeur : en d'autres termes, en doublant la profondeur du lit, on quadruple la nitrification. Si on en juge par les tests de putrescibilité, l'efficacité des lits ne s'accroît pas d'une façon aussi importante avec la profondeur des lits, mais cependant elle s'accroît rapidement.

Les essais ont été effectués avec des distributeurs par gravitation. D'un tuyau recourbé, l'eau tombe sur une sorte de petite cuvette qui la fait jaillir autour d'elle circulairement.

Pendant l'hiver 1906-1907, par un froid allant à —21° il a été possible d'employer ces lits. Or on sait que les lits de grande

surface doivent être attentivement surveillés l'hiver pour que les distributeurs fonctionnent toujours.

Lorsque la surface se colmate par suite de la multiplication trop intense de moisissures et de petits vers ou de zooglées microbiennes, on peut l'arroser avec un peu de sulfate de cuivre qui les fait disparaître. Le lit continue ensuite à donner de bons résultats.

II. — Étude des distributeurs pour lits bactériens a percolation [1].

La principale difficulté technique dans la construction des distributeurs consiste à assurer une efficace distribution des eaux à épurer sur les lits. Les eaux doivent être déversées lentement et également sur toute la surface du lit et, de plus, complètement aérées; en d'autres termes elles doivent être distribuées en fines gouttelettes.

Le distributeur *Stoddart* et les différents types de sprinklers mobiles employés en Angleterre sont théoriquement parfaits, et les insuccès, quand il y en a, sont dus aux imperfections de construction ou au manque de soins dans l'entretien. D'un autre côté, les becs pulvérisateurs fixes et le système de distribution par gravitation couvrent seulement une partie de la surface du filtre. Dans ce cas les eaux mouillent un cercle soit seulement 78 pour 100 de la surface environnante.

Pour étudier quantitativement l'efficacité de distribution des différents systèmes, on construisit l'appareil suivant : il consiste en un bassin circulaire en béton de ciment de 4^{m}20 de diamètre, dont le fond est en pente vers un tube central en communication avec un tuyau de 50 millimètres passant sous le fond. A ce tube sont fixés les divers appareils distributeurs. Au tube central est ajusté un collier en fer, pouvant tourner librement, supportant la pointe d'une plate-forme en bois couvrant un secteur de 30°, de 150 millimètres de hauteur, et divisée en 12 compartiments par des cloisons concentriques espacées de 157 millimètres. Quand cette cuve tournait autour

[1] D'après Winslow, Phelps, Story et Mac Rac, *Technology Quaterly*, septembre 1907, Boston (Massachussets).

du tube de distribution, pendant la durée d'une expérience, l'égalité de distribution était mesurée par la quantité d'eau récoltée dans les différents compartiments; dans les positions fixes variées, l'auge donnait les inégalités radiales.

Le tube de distribution du centre du bassin était muni à son autre extrémité d'un faisceau vertical de tubes courts de 50 millimètres, dont on employait un nombre voulu pour régler le débit. Au sommet du faisceau était une boîte en bois, alimentée par un tuyau, avec un trop-plein juste au-dessous du sommet. La différence entre le niveau de l'eau dans cette boîte et le niveau du bec pulvérisateur au centre du bassin représentait approximativement la pression effective dans la distribution. Le taux d'écoulement était, par suite, déterminé d'après la pression et le bec employé. Il était estimé dans chaque cas par la décharge totale d'un bassin mesureur et par le temps d'écoulement.

Pour l'étude des distributeurs par gravitation on disposait au-dessus et à une hauteur déterminée un caniveau maintenu par deux tiges traversant diamétralement le bassin. Un orifice de 18 millimètres permettait l'écoulement de l'eau qui jaillissait en tombant sur un disque. Le volume d'eau écoulée est, dans certaines limites, avec ce distributeur, indépendant de la hauteur de chute : aussi a-t-on simplement fait varier les orifices, dont la section permettait de calculer le débit.

Chaque compartiment de la cuve a été jaugé de façon à savoir à quel volume correspondait chaque hauteur de liquide.

Pour l'expérience, la cuve était tournée lentement à la main et on l'arrêtait lorsqu'un des compartiments était presque plein. On notait le temps et le volume d'eau écoulés.

Calcul du coefficient d'efficacité des distributeurs. — Le distributeur est un jet pulvérisant l'eau sur une surface circulaire. Suivant un rayon de cette surface, on dispose une série de petites cuves carrées, de surface connue qu'on peut prendre comme unité; on suppose, de plus, que la distribution le long de ce rayon est la même que celle effectuée sur les autres rayons. Les variations selon les rayons seront minimes et la supposition peut être complètement réalisée, si l'on fait tourner cette série de petites cuves autour du centre du cercle, pendant l'expérience. Lorsque celle-ci aura une durée suffi-

sante, on l'arrête et on mesure le volume d'eau récoltée dans chaque cuve.

A titre d'exemple le tableau suivant montre les résultats obtenus :

Cuve.	Distance radiale D.	Quantité d'eau Q.	D × Q	Quantités en excès (Ex Q).	D × Ex Q.
1	0,5	0,8	0,4	»	»
2	1,5	1,6	2,4	0,14	0,21
3	2,5	2,7	6,8	1,24	3,10
4	3,5	2,5	8,8	1,04	3,65
5	4,5	2,3	10,3	0,84	3,78
6	5,5	1,9	10,4	0,44	2,43
7	6,5	1,5	10,0	0,04	0,26
8	7,5	1,3	9,8	»	»
9	8,5	1,0	8,5	»	»
10	9,5	0,6	5,7	»	»
Totaux. .	50		73,1		13,43

Dans la 1re colonne sont donnés les numéros des cuves, le n° 1 étant au centre. Dans la colonne 2 (D) sont données les distances du centre du distributeur au centre de la cuve, le côté de la cuve étant pris pour unité de distance. Dans la 3e colonne (Q) sont données les quantités d'eau mesurées dans chaque cuve après l'expérience. Aucune unité de volume ne dut être employée puisqu'il suffisait de connaître les hauteurs d'eau dans chaque cuve, celles-ci étant proportionnelles aux volumes.

Si l'on porte les valeurs de Q en ordonnées et celles de D en abscisses, on obtient une courbe montrant la distribution relative de l'eau suivant le rayon (fig. 11). Cette courbe (A) montre le taux de déversement par unité de surface à tout point dont la distance du centre est connue : ce sera la courbe de distribution radiale. Puisque la distribution radiale mesurée est supposée être la moyenne de toutes les distributions radiales, l'ordonnée de cette courbe à une distance donnée du centre montre le taux de déversement sur tous les points d'une circonférence décrite autour de ce centre à la distance donnée de ce dernier. Donc pour obtenir une courbe montrant la distribution sur tout le cercle, c'est-à-dire sur une infinité de circonférences, il est nécessaire de multiplier l'ordonnée pour chaque point du rayon par la longueur de la circonférence

correspondante, ou, ce qui revient au même relativement, par la distance radiale du point en question. Dans la colonne 4 (D × Q) se trouvent les nombres obtenus par ces opérations : ces quantités représentent les taux relatifs de déversement de

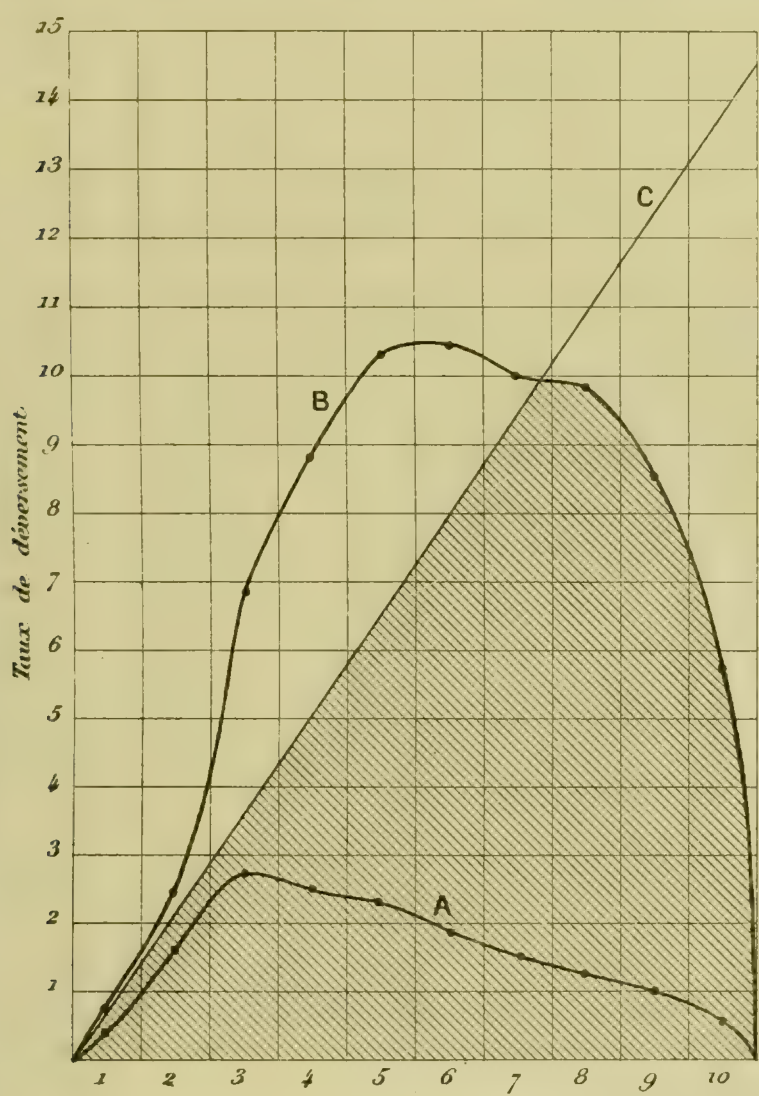


Fig. 11. — Diagramme de distribution.

l'eau sur les anneaux successifs concentriques du cercle, l'épaisseur des anneaux étant l'unité et leur distance du centre étant les distances correspondantes D. On peut maintenant porter ces nouvelles valeurs en abscisses et obtenir une nouvelle courbe (B) qui est la courbe de distribution sur la surface mouillée.

Dans cette courbe, l'ordonnée de chaque point indique le taux relatif de déversement de l'eau sur une circonférence à la distance correspondante du centre, la surface de chaque bande verticale montre le déversement total relatif sur l'anneau correspondant du cercle, et la surface totale de la courbe représente le déversement total de l'eau par le distributeur.

Il est aussi nécessaire de construire la courbe de parfaite distribution. Cette courbe sera telle que le déversement sur chaque unité de surface sera égal, d'où les déversements sur toutes les circonférences seront directement proportionnels à leurs longueurs, c'est-à-dire à leurs rayons. Ce sera donc une ligne droite passant par l'origine. Son obliquité sera déterminée graphiquement par ce fait que la surface de la courbe représentera le déversement total de l'eau par le distributeur et sera égale à la surface déterminée précédemment. On peut déterminer cette dernière surface par le planimètre et connaissant la base du triangle on déduit la hauteur. Elle peut être calculée plus facilement mais moins sûrement en additionnant les nombres de la colonne $Q \times D$ et divisant la somme par le rayon du cercle mouillé $\frac{73,1}{50,0} = 1,46 = M$. Ce sera la courbe C.

Connaissant la courbe expérimentale de distribution et la courbe parfaite, il reste à tirer une expression mathématique du rapport de ces deux courbes. Les courbes ont une surface commune qui est marquée par des hachures. De ce qui précède il est évident que plus ces deux courbes coincideront, plus la distribution sera parfaite. Une comparaison directe entre la surface commune et la surface totale donnera, par suite, une expression de l'efficacité de la distribution. Si la distribution est parfaite, le rapport sera égal à l'unité; si la distribution est mauvaise, la surface commune sera petite et le rapport très bas. De plus, une étude plus attentive de ces courbes indique que deux courbes de distribution peuvent présenter un rapport égal mais des différences suivant la disposition des surfaces montrant des conditions actuellement différentes mais identiques en ce qui regarde la distribution relative.

Si l'on définit par le terme d'*excès de déversement* la partie du déversement d'un distributeur qui coule sur une surface

de filtre en excès sur le taux moyen pour la surface totale (représenté graphiquement par la partie de la surface inscrite par la courbe A en dehors des hachures), on peut dire que le coefficient de distribution est le rapport entre le déversement total moins l'excès de déversement, et le déversement total, soit coefficient de distribution :

$$\frac{T - E}{T},$$

ou plus simplement

$$1 - \frac{E}{T}.$$

On peut déterminer ces surfaces au planimètre en employant des papiers spécialement quadrillés. On peut aussi calculer la surface hors de la courbe commune en déterminant l'excès au-dessus de la courbe de complète distribution, donné par la distance entre chaque point de la courbe A et le point correspondant de la courbe C. Ces nombres ont été portés dans la 5[e] colonne du tableau (Ex Q). Dans la 6[e] colonne, ces nombres sont multipliés par les valeurs de D correspondantes. La somme des valeurs de (Ex Q $\times$ D) peut être comparée à la somme des valeurs de D $\times$ Q et, pour l'expérience relatée dans le tableau, on peut calculer le coefficient de distribution.

$$c = 1 - \frac{E}{T} = 1 - \frac{13,4}{73,1} = 0,82.$$

Le coefficient brut ainsi obtenu se rapporte à l'efficacité du distributeur sous les conditions données et figuré par la surface du cercle mouillé ; il reste à en tirer le coefficient corrigé vrai, basé sur la surface totale du filtre, comprenant les coins non mouillés entre les cercles. Chaque surface mouillée est inscrite dans une surface dont le côté est la distance entre les centres des distributeurs voisins. Soit *Sq* la surface et *Cir* le cube mouillé, le coefficient corrigé sera

$$C = c \times \frac{Cir}{Sq}.$$

Cette correction réduira les coefficients à moins de 78 pour 100 de leur valeur pour la surface mouillée. En pratique, toutefois, il serait avantageux de disposer les distributeurs non suivant

deux axes se coupant à angle droit de telle sorte que chacun soit au centre d'un carré, mais sur 3 axes inclinés à 120° de façon que chacun soit au centre d'un hexagone. Dans le premier cas, la surface non mouillée est de 21,5 pour 100 et dans le second seulement de 9,9 pour 100 de la surface totale. La disposition hexagonale permet de faire agir 343 distributeurs au lieu de 303 par la disposition carrée et sans augmenter le déversement sur une partie quelconque de la surface mouillée, les quantités d'eaux déversées sont comme 2000 à 2700.

Distributeurs par gravitation. — Ces distributeurs se composent d'un disque plus ou moins incurvé planté dans le filtre, sur lequel tombe un filet d'eau qui jaillit sur la surface environnante.

Les meilleurs résultats sont obtenus dans les conditions suivantes :

1° Le débit sur chaque distributeur sera environ de 4 litres 54 par minute, soit pour un débit de 2218 litres par mètre carré, 840 distributeurs par hectare, espacés de 3m,35.

2° La distance séparant le tuyau d'écoulement et le filtre sera aussi grande que possible : 0m,60 est suffisant; 1m,20 donne de bons résultats; mais avec 1m,80 ils sont meilleurs. Lorsqu'on peut disposer d'une hauteur encore plus grande, on emploiera avec avantage des disques larges et profonds.

3° La hauteur de chute sur le distributeur sera de 0m,60 à 1m,20. La meilleure détermination de la hauteur sera précisée dans chaque cas.

4° Un simple disque concave en métal donne les meilleurs résultats.

5° Le meilleur diamètre de disque est 75 millimètres. Lorsque le taux de distribution est plus faible, on doit employer de plus petits disques; inversement de plus grands disques seront indiqués pour les débits plus importants.

A moins que les disques soient trop larges, il est avantageux d'augmenter la concavité autant que possible. Pour les disques de 75 millimètres, une courbure correspondant à un rayon de 50 millimètres a donné les meilleurs résultats; on peut accroître le rayon de courbure jusqu'à ce que le disque soit une hémisphère. Avec les disques larges, les plus grands rayons de courbure sont nécessaires.

Distributeurs par pression — Les systèmes de becs pulvérisateurs fixes sont très variés (*fig.* 12).

A *Salford*, on expérimenta d'abord une coiffe en forme de disque placée un peu au-dessus du bec de façon à briser le jet d'eau et à le réduire en pluie ; puis on essaya de briser le jet par le choc de deux courants; enfin, on adapta un bec garni d'une série de trous arrangés en spirale. *Barwise* à *Derbyshire* décrivit un modèle analogue au premier de *Salford*. A *Birmingham*, on emploie un bec dans lequel l'eau passe à travers un espace annulaire étroit et se brise en frappant le bas d'un tampon de métal placé un peu au-dessus.

En Amérique, les premiers essais furent faits à *Columbus* où on expérimenta un type de bec rappelant celui de *Salford :* l'eau était déversée par 8 tuyaux de laiton de 3 millimètres sous un angle de 45° avec la verticale, dans un espace compris entre deux cônes. Ce bec se bouchant trop rapidement dut être abandonné. Le dernier modèle a été décrit par *Gregory*; il consiste en un bec en bronze à un seul orifice de $13^{mm},5$ de diamètre avec les bords arrondis, sur lequel est fixé par deux tiges minces, un cône retourné de 90°, l'axe du cône coïncidant avec l'axe de l'orifice. Le jet en sortant de l'orifice frappe le cône et se transforme en une pluie de fines gouttelettes.

A *Waterbury*, *M. Taylor* a imaginé un autre type. Il a remarqué que, dans le type de *Columbus*, les tiges supportant le cône séparent d'une façon fâcheuse la pluie formée, surtout lorsque ces tiges se recouvrent de cultures de moisissures. De plus, il déclare que l'uniformité de distribution, obtenue par l'effet d'un simple cône sur la pression de $1^m,50$ n'est pas satisfaisante. Pour remédier à ce défaut, il eut l'idée de placer un cône secondaire plus bas sur l'orifice, dans le but d'intercepter une partie de l'eau et de la distribuer sur le cinquième intérieur de la surface circulaire arrosée par le bec. Ce résultat fut obtenu par une ouverture dans le cône le plus bas, légèrement plus étroite que l'orifice du bec, le diamètre de l'ouverture dans ce cône étant ainsi par rapport au diamètre de l'orifice du bec dans une proportion telle que les 4/5 du jet passent au travers du cône le plus bas pour être pulvérisés, et le 1/5 restant est intercepté par le cône le plus bas et pulvérisé sur la surface centrale.

Les résultats comparatifs des essais pour déterminer les coefficients de chaque modèle travaillant dans les meilleures conditions sont rapportés ci-dessous (Pression de 1m,20 pour le bec de Birmingham et de 1m,80 pour les autres).

Type.	Débit en litres par minute.	Coefficient brut.	Coefficient corrigé.	Nombre de becs par hectare sous un débit de 22.180 m^3 par jour.
Meilleur distributeur par gravitation	18,52	0,76	0,62	840
Salford (*ancien modèle*).	13,11	0,44	0,41	1193
— (*nouveau* —).	9,53	0,78	0,67	1648
Birmingham	9,08	0,80	0,80	1730
Columbus.	67,19	0,61	0,30	232
Waterbury.	47,21	0,73	0,22	331

Les becs américains à pression montrent par ces nombres une efficacité de distribution inférieure. Ils couvrent bien la surface mouillée dans les meilleures conditions, mais leur débit est si grand que, au taux de 2^{m3},218 par mètre carré et par jour, ils laissent entre eux une grande surface et leurs coefficients corrigés sont très bas. Il faut remarquer cependant qu'avec un débit de 4^{m3},436 par mètre carré et par jour, pour lequel le bec *Columbus* a été construit, les coefficients corrigés sont beaucoup plus élevés. Le bec *Columbus* offre de grands avantages par la simplicité de sa construction et par son grand orifice si ce débit excessif peut être diminué par l'emploi de bassins à siphons.

Les meilleurs distributeurs par gravitation (disque de métal de 75 millimètres avec cavité d'un rayon de 50 millimètres) ont donné de très bons résultats sans la complication de bassins à siphons. Les ouvertures les plus petites des tubes d'écoulement pour éviter l'obstruction ont un diamètre de 18 millimètres. L'entretien en est facile.

Le *Salford* nouveau modèle et le *Birmingham* donnent les meilleures distributions. Avec une pression de 1 m. 80 le *Birmingham* fournit un coefficient de 0,69 et avec une pression de 1 m. 20 le coefficient est encore meilleur : 0,80, la distribution étant presque parfaite. Ces bons résultats dépendent malheureusement de l'emploi de becs qui se bouchent très facilement. Les ouvertures du *Salford* ont un diamètre de

7 mill. 5 et le cône est tout à fait propre à retenir les matières en suspension dans l'eau. Celles de *Birmingham* ont un diamètre de 3 mill. 8; le tampon mobile indique que même en

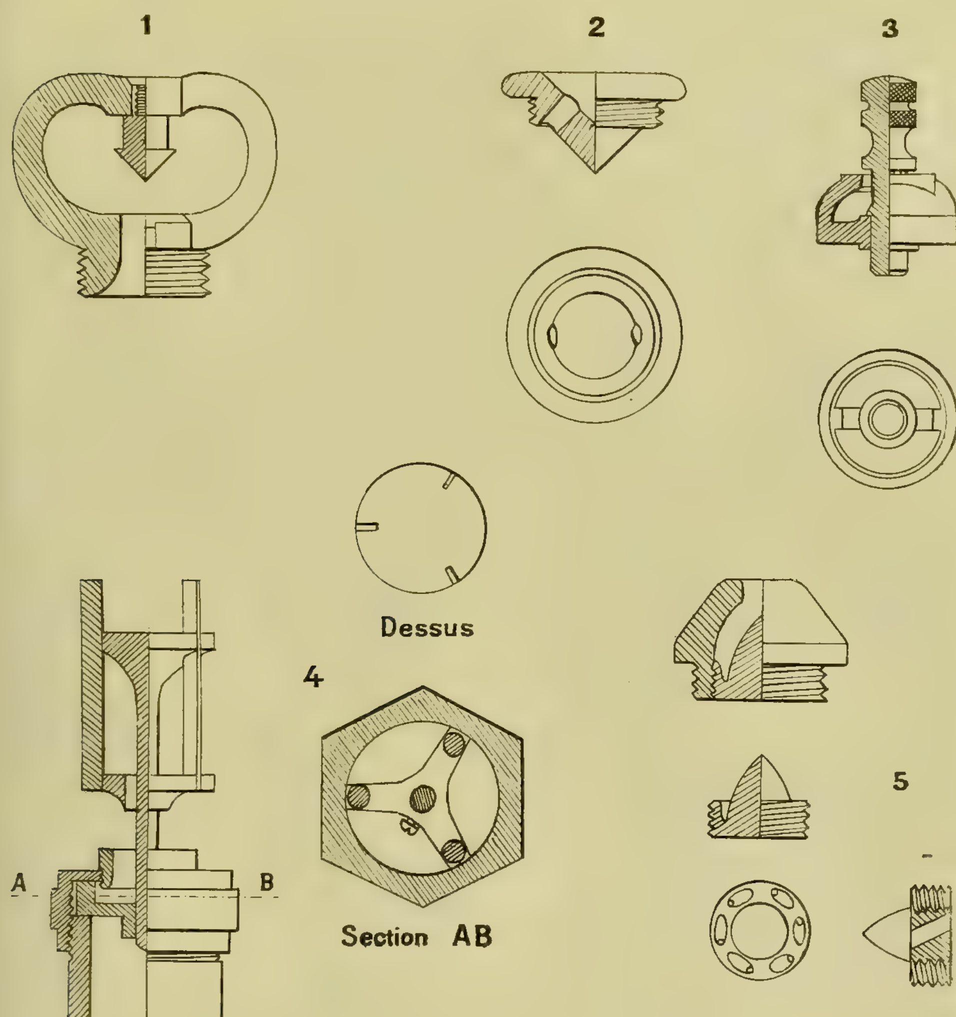


Fig. 12. — Principaux types de bacs pulvérisateurs.

1. — Columbus.
2. — Salford (ancien modèle).
3. — Birmingham.
4. — Waterbury.
5. — Salford (nouveau modèle).

recevant l'effluent de fosse septique décanté, il exige beaucoup de soins. D'autre part, l'eau brute peut être pulvérisée par le bec *Columbus* ou par le distributeur par gravitation sans crainte d'obstruction.

III. — Durée de l'écoulement de l'eau au travers des lits a percolation.

William Clifford[1] a cherché à déterminer la durée de l'écoulement du liquide au travers des lits à percolation.

Dans les lits bactériens à percolation, les matériaux retiennent l'eau à épurer un certain temps pendant lequel les matières organiques sont oxydées et l'eau est rendue imputrescible. Si le volume d'eau traitée peut être réglé de telle sorte que l'oxydation soit juste suffisante pour détruire la matière organique, la durée d'écoulement du liquide au travers du lit donnera une mesure de l'oxydation produite.

On a établi que la durée de l'écoulement de l'eau à travers un lit à percolation varie de 2 à 8 minutes. Pour déterminer cette durée, on a répandu simplement un liquide coloré à la surface du lit pendant son fonctionnement et on a noté le moment où s'écoule le premier liquide coloré. Pour cette méthode on ne mesure que la durée d'écoulement d'une petite quantité du liquide ajouté et on ne tient pas compte de tout le liquide répandu à la surface. On ne voit d'ailleurs pas pourquoi on a choisi le moment de la première sortie de liquide coloré plutôt que celui du dernier écoulement.

On peut définir la durée d'écoulement d'un volume de liquide, le temps moyen d'écoulement de toutes les molécules de ce volume. Pratiquement, on observe la distribution du liquide en expérience et on calcule la distribution moyenne. On obtient ainsi des chiffres indiquant la durée moyenne.

Au lieu d'un liquide coloré, l'auteur a employé une solution de chlorure de sodium. Le lit d'expérience était formé d'un tuyau en poterie de 450 millimètres de diamètre et de 0 m. 70 de hauteur, rempli de gravier criblé de 18 à 25 millimètres: la distribution était faite par une cuvette à renversement déversant le liquide sur une plaque perforée. On distribuait l'eau à intervalles réguliers au taux de 0^{m^3},998 par mètre carré et par

(1) *Journal of Chemical Industry*, mai 1907 et juillet 1908.

jour. Après une heure de] fonctionnement on remplit la cuvette de la solution de chlorure et l'eau ordinaire continua à être déversée. Des échantillons prélevés toutes les 5 minutes permirent de se rendre compte de la quantité de chlore éliminé à ces moments.

Le temps moyen est obtenu en calculant, par la méthode des moments, le taux moyen de chlore combiné après en avoir déduit le chlore préexistant dans l'eau ordinaire. Soit P la minute correspondante à la quantité de chlore Q, on a :

$$\frac{\Sigma P \times Q}{\Sigma Q}.$$

La durée d'écoulement est évidemment fonction de la grosseur des matériaux composant le lit et du volume d'eau distribuée.

Matériel.	Grosseur en mm.	Quantité d'eau en m³ déversée par jour par mètre carré.	Durée d'écoulement en minutes.
Charbon	15 à 18	1,181	24,3
—	—	0,889	31,7
—	—	0,519	45,6
—	5 à 6	1,166	54.7
—	—	0,894	64,3
Gravier. . . .	18 à 25	1,210	15,0
—	—	0,988	17,6
—	—	0,761	22,0
—	6 à 12	1,215	33,7
—	—	0,973	40,0
—	—	0,766	44,1

Les durées données peuvent sembler longues; mais si l'on tient compte du volume d'eau retenu par les matériaux, on pourra calculer que, si l'on suppose un renouvellement complet de cette eau pendant un temps donné, il faudra une distribution déjà assez abondante de liquide. De plus, il n'y a pas seulement déplacement de liquide, il y a aussi mélange des eaux nouvelles avec les eaux retenues auparavant.

Une autre méthode de détermination de la durée d'écoulement du liquide au travers des lits à percolation a été décrite dans le rapport de 1904 du *Massachusets State Board of Health*. Elle consiste à verser de la solution de chlorure de sodium sur le lit en fonctionnement jusqu'à ce que la proportion de

chlore soit constante dans l'effluent. En prélevant des échantillons à intervalles déterminés et en y dosant le chlore, on peut établir des courbes qui sont différentes de celles proposées par l'auteur qui a comparé les deux méthodes.

Ces deux méthodes donnent des résultats comparables. Ainsi dans une expérience avec un lit de sable fin, l'auteur a obtenu une durée d'écoulement de 32 minutes par la méthode d'emploi du chlorure de sodium en une seule fois, contre 31,9 minutes par la méthode de *Lawrence*.

Cette dernière montre, par l'élimination des chlorures, que l'eau est chassée du lit par déplacement, mais qu'aussi il y a dilution de l'eau qui est retenue par les matériaux dans l'eau nouvelle ajoutée.

IV. — Sur le mode d'action des lits bactériens construits en ardoises (*slate beds*).

Nous avons décrit l'an dernier[1] les lits bactériens de *Dibdin* dont les matériaux sont formés de plaques d'ardoise posées à plat et séparées les unes des autres par des fragments de la même substance.

Récemment a paru[2] un travail très intéressant de *Dibdin* sur les transformations que subissent les matières organiques qui se déposent sur les ardoises.

Si l'on examine superficiellement le dépôt qui recouvre une ardoise d'un lit en fonctionnement, on voit un ensemble de débris formant un amas ayant l'aspect de la boue ordinaire des bassins de décantation. Mais cette boue ne répand aucune odeur; de plus, elle se sèche rapidement sans se putréfier. Si l'on chauffe modérément un peu du dépôt, il s'y produit un mouvement et une grande quantité de vers s'en échappe pour se soustraire à l'action de la chaleur. Ce sont des organismes nettement aérobies dont le pouvoir de digestion est considérable et c'est principalement à leur action qu'est dû l'humus

(1) Vol. III, p. 85.
(2) *Sanitary Record*, 1er janvier 1909.

inoffensif qui s'échappe des « *slate-beds* » avec l'effluent, ce qui empêche l'accumulation qui produit le colmatage des lits de contact formés de gros matériaux. Si l'on examine le dépôt au microscope, on voit un grand nombre d'êtres vivants autres que les vers.

Par ce simple examen, il est évident qu'au lieu d'une masse inerte, c'est une ruche d'êtres vivants actifs et voraces depuis les plus simples bactéries jusqu'aux types organisés comme les vers, les larves, etc..., une vraie collection d'animaux qui, comme ceux d'un jardin zoologique, se nourrissent des aliments qui leur sont distribués chaque jour, et qui, aussi longtemps que cette distribution est régulière, remplissent leurs fonctions vitales et détruisent la matière organique de ce que nous appelons la boue. Le processus étant uniquement celui de la digestion, les excrétions d'un groupe servent à la nourriture du groupe inférieur.

Ce processus peut être suivi de jour en jour en plaçant de petites ardoises dans une soucoupe, en mettant sur cette *terre vivante* de petits fragments de viande, pain, etc..., et versant de l'eau seulement pour la couvrir complètement. Après une heure ou deux on décante avec précaution l'eau, de façon à ne pas entraîner le dépôt. On laisse l'ardoise exposée librement a l'air, de préférence à une douce température.

En examinant de temps en temps, on voit le morceau de viande rouge se couvrir d'un dépôt gris qui est souvent complet en 4 ou 5 heures. Si l'on enlève une parcelle de ce dépôt gris et qu'on l'examine au microscope, on voit une quantité considérable de bactéries dont beaucoup sont douées d'une grande mobilité lorsqu'elles ne sont pas agglomérées en masses de zooglées, ce qui arrête leurs mouvements rapides.

On continue les observations en immergeant l'ardoise tous les jours pendant 2 heures. Au bout de peu de jours les morceaux de viande, etc..., deviennent invisibles et sont englobés dans une masse d'humus noir qui finit par les absorber en totalité.

Il est évident que pareilles transformations s'effectuent dans les *slate-beds*. Lorsque ces lits sont pour la première fois remplis, pendant le contact de 2 heures, les matières solides

se déposent sur les ardoises. Jusqu'à ce qu'il se soit constitué une *terre vivante*, l'action est faible mais, principalement pendant la saison chaude, les organismes se développent rapidement et attaquent la nourriture qui leur est offerte, exactement comme font toutes les espèces qui vivent dans les rivières; et si le rapport entre les organismes, la nourriture et l'air est convenablement réglé, l'action se produit indéfiniment sans dégagement d'aucune odeur nauséabonde.

Le tableau suivant résume les expériences conduites comme nous l'avons exposé.

V. — Sur le role des bactéries dans les procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout.

William Mair [1] a présenté récemment comme thèse à l'Université d'Edimbourg un travail dont l'idée lui fut suggérée par le professeur *Lorrain Smith* qui avait déjà étudié cette question lorsque la ville de Belfast l'avait chargé, avec le professeur *Letts*, de rechercher quel était le meilleur mode d'application des procédés biologiques pour l'épuration des eaux d'égout de cette ville.

Lorrain Smith avait remarqué (1901) que le nombre des bactéries était réduit par le passage des eaux d'égout dans les lits de contact, mais aussi que cette réduction était d'autant plus importante que les résultats chimiques de l'épuration étaient meilleurs. Il montra que la réduction du nombre des bactéries n'était pas due à l'épuisement de l'élément nécessaire dans l'eau d'égout, mais qu'il devait y avoir d'autres agents qui concouraient à la disparition de l'azote et à la destruction des bactéries. Ainsi, dans un ballon de bouillon ensemencé avec de l'eau d'égout, la disparition de l'azote peut atteindre 12 pour 100 en 5 jours, mais elle peut être quelquefois nulle. D'un autre côté si, dans le même bouillon, on immerge des briques retirées d'un lit de contact, on constate en 5 jours une disparition de l'azote qui peut atteindre 70 pour 100. Ces

(1) William Mair, *The Journal of Hygiene*, 1908, p. 609.

SUBSTANCES	PREMIER JOUR APRÈS 20 HEURES	2e JOUR	3e JOUR	4e JOUR	5e JOUR
Pain	Masses de zooglées, cellules d'amidon, canaux en spirale, bactéries mobiles, leptothrix, conserves vertes, etc. Pain désorganisé.	Nombreuses bactéries, cellules d'amidon très attaquées et déformées.	Pain complètement dissocié, leptothrix abondants, oscillaires, monades, clostridium, quantité de granules ronds, etc.		
Beurre	Amas de globules graisseux.	Globules graisseux avec matière granuleuse brune (formes de vers?).	Matière granuleuse brune avec spirilles, leptothrix et globules graisseux.	Membrane de cellules de microcoques et bacilles, etc.	Beurre réduit en une mince pellicule.
Fromage	Amas de bactéries variées, bacilles, microcoques, streptocoques, etc.	Abondance de colonies de bacilles mobiles.	Bouquet de cristaux étoilés entremêlés de nombreuses bactéries mobiles ou non.	Globules graisseux avec bacilles et diplocoques.	Le fromage réduit en une mince couche pâteuse.
Laitue	Chlorophylle attaquée, bacilles, diplocoques, zooglées, leptothrix, etc.	Matière tourbeuse, bactéries variées.	Matière granuleuse, leptothrix, bactéries, monades, amibes, infusoires, etc.	Débris indéfinissables, laitue désagrégée en amas granuleux sans bactéries (action des vers).	Les dernières traces de laitue disparaissent.
Porc cuit maigre .	Vase noire au-dessus, enduit chocolat à la surface. Bactéries, infusoires enkystés.	Viande à l'état fibreux, fibres musculaires englobées dans une masse de zooglées de bactéries, grand nombre de spirilles et bacilles mobiles, anguillules et vers.	Fibres musculaires très dégradées. Spirilles, bacilles mobiles, monades, zooglées, oscillaires, etc., avec d'abondants microcoques.	Fibres musculaires entièrement détruites, bacilles mobiles, spirilles, monades, oscillaires, anguillules, vers, etc.	La viande est réduite à une mince écume grise formée d'organismes variés.
Tendon de porc rôti, très dur.	Organismes abondants, bactéries variées séparées ou en masses zoogléiques.	Nombre considérable de microcoques et monades.	Abondance de microcoques, spirilles, monades, cellules granuleuses, mycélium de champignons.	Quantité de matière granuleuse brune, anguillules, vers, monades, bactéries nombreuses, zooglées, oscillaires, etc.	Tendon réduit en une masse grise molle.
Gras de jambon. .	Leptothrix, streptothrix, nombreuses masses de zooglées.	Globules graisseux et bactéries variées.	Globules graisseux, matière granuleuse brune, bactéries, etc.	Globules graisseux, masses zoogléiques, spirilles, etc., infusoires, oscillaires, etc.	Gras réduit en une masse pâteuse molle.
Eaux résiduaires de brasserie dans les eaux d'égout.	Cellules de levure partiellement détruites, leptothrix, masses zoogléiques, infusoires variés.	Toute odeur d'eau résiduaire de brasserie est disparue, dépôt gris à la surface.			

briques étaient recouvertes d'un sédiment peuplé d'organismes végétaux et animaux et d'un amas analogue à celui qui s'était déposé dans les autres bouillons. *Lorrain Smith* concluait que cette couche de sédiment sur les briques, consistant principalement en organismes végétaux et animaux, était essentielle pour obtenir l'épuration dans les lits, et qu'une certaine proportion de l'azote disparaissant servait à édifier les corps de ces organismes.

« Dans le cycle des êtres vivants, dit *Lorrain Smith*, les bactéries ont la première place, due sans doute à leur puissance de reproduction rapide, mais aussi elles disparaissent les premières. Dans les lits de contact, il y a une grande destruction des bactéries, et cette extermination comprend non seulement la réduction de nombre observée, mais aussi la prolifération dans le lit, et l'on peut mettre celle-ci en lumière si les échantillons sont pris dans des conditions favorables à la culture microbienne. Avec cette hypothèse, il est facile de comprendre pourquoi le rapport de destruction des bactéries sera en relation directe avec le pourcentage d'épuration. Nous pouvons supposer que les bactéries ont assimilé dans leur corps la plus grande partie de l'azote; elles servent alors à la nourriture des infusoires qui vivent dans le sédiment sur les briques, puis ces infusoires sont la proie des vers et ces derniers, passant dans la rivière, deviennent à leur tour la nourriture des poissons. L'azote par ces moyens indirects passe des lits bactériens dans les tissus animaux. Tout l'azote qui peut entrer dans ce cycle disparaît de l'eau d'égout qui est ainsi épurée en partie de ce fait. Établir ce cycle et mesurer la grandeur d'un des passages, c'est mesurer la capacité générale de l'économie vitale pour assimiler l'azote utile à un stade donné, ou à tous les stades de son existence. Mesurer le rapport de destruction des bactéries, c'est donc mesurer le pourcentage d'épuration : de là la correspondance entre les deux rapports. »

Les expériences rapportées par *William Mair* ont été effectuées avec un lit à percolation avec sprinkler rotatif alimenté par l'effluent d'une fosse septique, et avec des lits de contact alimentés par un mélange de l'effluent de la fosse septique et de l'effluent du lit à percolation, ce dernier contenant une

forte proportion de nitrates. Comme, dans les lits de contact, les nitrates disparaissent, ils furent appelés *lits dénitrifiants*.

1re Partie. — *Étude bactériologique des lits de contact et des lits à percolation et recherche de la disparition de certains groupes de bactéries.* — Les lits de contact, au nombre de cinq, étaient formés de matériaux divers : briques, scories, coke, pierres calcaires, de grosseur variant de 3 à 62 millimètres. Chaque lit comprenait à la partie supérieure de plus gros matériaux qu'à la partie inférieure. Le lit à percolation était formé de segments composés de matériaux correspondant à un des lits de contact.

L'auteur a déterminé :

1° Les espèces cultivées sur gélatine à 22° ;

2° Les espèces cultivées sur gélose à 37° ;

3° Les espèces sporulées vivant sur gélatine à 22° (aérobies).

4° Le *bacille coli* ;

5° Les *streptocoques* ;

6° Le *bacillus enteridis sporogenes*.

Il a noté une diminution progressive du nombre des bactéries, d'abord de moitié dans le sewage décanté, puis encore de moitié dans la fosse septique ouverte, le liquide y séjournant six heures. Mais la plus grande réduction apparaît dans les lits de contact.

Le *bacterium coli* et les *streptocoques* sont proportionnellement moins réduits en nombre que les autres groupes, et si ces organismes sont pris comme représentant la classe des microbes pathogènes, on ne peut dire que cette classe est détruite dans la méthode biologique d'épuration.

La diminution des germes dans la décantation et dans la fosse septique est un phénomène mécanique, les microbes étant entraînés par les matières en suspension qui se déposent ; au contraire, dans les lits, la réduction des bactéries est beaucoup plus grande dans le même temps. Ceci prouve clairement que cette disparition des germes n'est pas uniquement mécanique, mais due aussi à d'autres facteurs comme le montre la concordance des résultats chimiques et bactériologiques.

Voici les résultats obtenus avec les lits de contact :

	BACTÉRIES			RÉSULTATS CHIMIQUES		
				AMMONIAQUE		OXYGÈNE
	GÉLATINE	GÉLOSE	SPORES	libre	albuminoïde	absorbé
Eau d'égout (fosse à sable)........	50,0	43,0	31,0	gain 12	25	23
Effluent de fosse septique........	75,4	76,3	74,0	gain 40	45	38
Effluent de lit :				perte		
Contact A......	92,3	91,2	95,8	85	74	83
— B......	89,0	76,7	86,0	43	71	77
— D......	92,0	82,3	86,0	56	73	81
— F......	92,2	80,0	89,0	52	79	79
— G......	91,6	83,0	90,0	37	73	73

Pour les lits à percolation, la réduction des bactéries est comparable à celle des lits de contact, mais elle est beaucoup plus importante que celle du lit de contact donnant les meilleurs résultats. D'après la composition de l'effluent de la fosse septique, l'auteur a obtenu les nombres suivants :

	RÉDUCTION 0/0 DES BACTÉRIES		ÉPURATION 0/0		
			AMMONIAQUE		OXYGÈNE
	à 22°	à 37°	libre	albuminoïde	absorbé
Lit à percolation..	93,4	96	71,5	51	63
Lits de contact...	69	63	89	53	72

Ces résultats montrent que la réduction des bactéries n'est pas une mesure de l'épuration chimique quand les procédés sont différents. Au contraire, si l'on compare des lits de contact formés de matériaux différents, mais utilisés de la même façon, les résultats chimiques et bactériologiques sont analogues, comme nous l'avons vu plus haut.

2e Partie. — *Étude de la dénitrification.* — On sait que les nitrates, au contact de certains composés organiques, sont

détruits avec dégagement d'azote gazeux ou d'oxydes gazeux d'azote : c'est ce qu'on appelle la *dénitrification* [1].

En 1904, *Letts* a montré que lorsqu'on ajoute du nitrate de potasse (25 milligr. d'azote nitrique par litre) à un effluent de fosse septique, tout le nitrate disparaît en 24 heures, et, dans quatre expériences sur huit, il a retrouvé la quantité théorique d'azote sous la forme d'azote gazeux ou d'oxyde, ce dernier est faible en proportion seulement. Dans une expérience pour laquelle il se servit d'effluent de fosse septique filtré à la bougie de porcelaine, il n'obtint pas de disparition de nitrates. Il trouva aussi que, si l'on mélange en parties égales de fosse septique et l'effluent de lit bactérien à percolation, les nitrates disparaissent en un ou deux jours. Il lui apparut que cette décomposition peut être plus rapide si les effluents mélangés étaient traités dans un lit de contact. Pour cette raison, *W. Mair* construisit les *lits dénitrifiants* qui ont été indiqués plus haut, et il fut trouvé que dans ces lits les nitrates disparaissaient après trois heures de contact.

C'est pour étudier l'action biologique de la dénitrification indiquée par l'expérience de *Letts* avec les effluents filtrés à la bougie que *Mair* a entrepris ces recherches.

Après avoir vu que la dénitrification est plus rapide à mesure que la température s'élève, ce qui montre que les agents en sont les microbes, *Mair* a isolé un certain nombre de bactéries dénitrifiantes. Les unes, les bactéries *dénitrifiantes vraies*, donnaient un dégagement d'azote gazeux, les autres, qu'il appelle *Bacillus hyponitrosus*, ne donnaient pas de dégagement d'azote gazeux mais de l'ammoniaque.

Les bactéries dénitrifiantes sont essentiellement aérobies ; cependant elles peuvent vivre dans des conditions anaérobies en présence de nitrates dont elles empruntent l'oxygène. D'un autre côté, avec une très bonne aération, ces bactéries vivent sans attaquer les nitrates.

W. Mair a estimé le nombre de bactéries dénitrifiantes par

(1) Selon Grimbert (*Bulletin de l'Institut Pasteur*, 15 décembre 1904), les bactéries dénitrifiantes se divisent en deux groupes : 1° les *bactéries dénitrifiantes vraies*, qui attaquent directement le nitrate en dégageant de l'azote; 2° les *bactéries dénitrifiantes indirectes*, qui n'attaquent les nitrates que par l'intermédiaire des substances amidées avec, vraisemblablement, le concours des acides.

deux méthodes. La première consistait à ensemencer 1 centimètre cube de dilutions successives de l'eau dans une solution de peptone contenant 20 milligrammes de nitrate de potassium par litre et, après incubation de trois ou quatre jours, il recherchait les nitrates. Dans la deuxième, il ensemençait avec 1 centimètre cube les mêmes dilutions des tubes à fermentation de *Durham* contenant un bouillon à 0,25 pour 100 de nitrate. Le dégagement de gaz indiquait la décomposition des nitrates. Ces deux méthodes ne donnent pas les mêmes résultats, car dans la première les nitrates peuvent être réduits en nitrites seulement, ce qui n'est pas le fait de bactéries dénitrifiantes vraies.

L'exemple suivant montre ces différences en même temps que la fréquence de ces bactéries :

	DILUTIONS				
	1/10	1/100	1/1000	1/10.000	1/100.000
1re *Méthode.*					
Effluent de fosse septique.	—	+	+	+	pas de culture.
— de lit percolateur.	+	+	0	0	id.
— — dénitrifiant.	—	+	+	0	id.
— — —	—	+	+	0	id.
2e *Méthode.*					
Effluent de fosse septique.	—	+	+	0	
— de lit percolateur.	0	0	0	pas de culture.	0
— — dénitrifiant.	—	+	0	id.	pas de culture.
— — —	+	0	0	id.	id.

Le signe + indique la disparition de la réaction des nitrates ou la formation de gaz ; le signe 0 indique que les nitrates persistent et qu'il ne se dégage pas de gaz ; le signe — que l'essai n'a pas été fait.

Il est à remarquer que l'effluent du lit percolateur contient encore des bactéries dénitrifiantes, bien que, si on le met à l'incubation. la quantité de nitrates qu'il contient ne diminue pas [1]. On peut expliquer ce fait parce que l'effluent de ces

[1] Nous avons noté souvent, au contraire, une augmentation des nitrates dans les effluents des lits de *la Madeleine.*

lits ne contient plus assez de matières organiques pour assurer la vie des ferments dénitrifiants. En effet, un bacille dénitrifiant ensemencé dans l'effluent de lit percolateur filtré à la bougie, ne s'est pas développé; mais par l'addition d'une petite quantité de bouillon nutritif, la dénitrification apparut aussitôt.

En conclusion, il est probable que, dans les lits de contact, une proportion considérable de l'azote organique disparaît sous forme gazeuse, par suite de la nitrification suivie de dénitrification, et on peut se rendre compte de ce phénomène en comparant les effluents de lits à double contact et d'un lit à percolation. Dans les lits de contact, il disparaît environ 50 pour 100 de l'azote sous la forme gazeuse.

La proportion de nitrate trouvée dans un effluent n'est pas une indication précise de l'épuration, c'est plutôt la mesure de l'aération de l'eau épurée qui est importante.

On comprend par suite, pourquoi un effluent contenant une forte proportion de nitrates se putréfie moins facilement qu'un effluent moins riche en nitrates. Les bactéries dénitrifiantes empruntent aux nitrates l'oxygène nécessaire pour brûler les matières organiques comme dans les conditions de vie aérobie. Si on ensemence le *B. hyponitrosus* dans une solution de peptone et de nitrate, la peptone est transformée plus facilement en ammoniaque qu'en l'absence de nitrates, il ne se forme pas d'indol, produit typique de putréfaction; et aussi longtemps qu'il y a des nitrates on ne perçoit aucune odeur de putréfaction.

CHAPITRE VIII

NÉCESSITÉ DU CONTROLE DE L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT MÉTHODES SIMPLES A ADOPTER

Aux termes des articles 21 et 25 de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique, le Conseil supérieur d'hygiène de France, les Conseils départementaux et les Commissions sanitaires doivent être consultés sur les projets d'assainissement et sur les dispositifs d'épuration d'eaux d'égout ou d'eaux-vannes ménagères ou industrielles.

Or, la plupart des projets d'assainissement et des dispositifs d'épuration récemment soumis à l'examen desdits Conseils ou Commissions, bien qu'établis en apparence conformément aux données scientifiquement admises, fournissent après leur réalisation des résultats défectueux et, loin d'améliorer les conditions de salubrité des localités et des cours d'eau, ils constituent au contraire de réels dangers pour la santé publique.

Il paraît donc indispensable d'imposer aux autorités sanitaires locales ou régionales l'obligation de contrôler fréquemment l'efficacité de l'épuration obtenue et d'interdire les déversements d'eaux d'égout ou d'eaux-vannes ménagères ou industrielles insuffisamment épurées, non seulement dans les cours d'eau, mais aussi à la surface du sol lorsqu'une nappe aquifère souterraine servant à l'alimentation de puits voisins est susceptible d'être contaminée.

Pour que ce contrôle soit pratiquement réalisable, il faut qu'il puisse être effectué par des moyens très simples. Il faut en outre que, tenant compte des circonstances ou des dispositions spéciales à chaque localité, les autorités sanitaires n'exagèrent pas les difficultés du problème à résoudre et sachent se borner à exiger que les eaux usagées soient rendues imputrescibles aux nappes souterraines ou aux cours d'eau. Il

serait évidemment déraisonnable d'imposer aux municipalités ou aux industriels l'obligation de rendre aux rivières ou aux fleuves une eau plus pure que celle qu'on peut leur emprunter.

*
* *

Quel que soit le procédé employé, on peut admettre que l'épuration est satisfaisante et que l'eau traitée peut être évacuée sans inconvénients quand elle ne renferme aucune matière en suspension susceptible de se déposer sur les bords ou dans le lit des rivières, ni aucune matière en solution capable, soit de fermenter en dégageant des gaz nauséabonds, soit d'intoxiquer les êtres vivants, animaux ou végétaux.

Il n'est pas possible d'établir des règles invariables basées sur des résultats d'analyses. Ceux-ci n'ont de valeur que pour déterminer le meilleur procédé à appliquer dans telle ou telle circonstance et pour comparer sur une même eau d'égout *avant* et *après* traitement, le degré d'efficacité du procédé choisi.

Hormis certains cas très exceptionnels, la *pureté bactériologique* ne saurait être exigée. On ne peut l'obtenir ni par l'irrigation intermittente sur sol nu ou cultivé, ni par les méthodes biologiques artificielles. Si les eaux d'égout épurées doivent servir à l'alimentation d'agglomérations urbaines en aval de leur point de déversement, il sera toujours nécessaire d'assurer leur purification complète par l'un quelconque des procédés de stérilisation applicables aux eaux de ruissellement.

Les eaux d'égout traitées par les méthodes biologiques artificielles renferment le plus souvent à leur sortie des lits bactériens un grand nombre de germes saprophytes qui jouent un rôle très actif dans les processus d'épuration. Ces germes s'éliminent d'eux-mêmes lorsque la matière organique a disparu : ils ne contribuent en aucune manière à polluer les rivières qui les reçoivent, et ils ne constitueraient une cause de souillure pour celles-ci que s'ils trouvaient dans l'eau de ces rivières un milieu organique favorable à leur multiplication.

En règle générale, on peut donc ne tenir aucun compte de leur présence lorsque l'eau épurée qui les véhicule ne renferme plus de substances organiques putrescibles et a subi

une nitrification satisfaisante. Il est d'ailleurs facile de constater qu'ils n'accroissent pas l'impureté des rivières, en faisant la numération des germes contenus dans l'eau de ces rivières sur deux échantillons prélevés en plein courant, l'un en amont, l'autre en aval à quelques centaines de mètres du point de déversement.

L'élimination aussi complète que possible des matières en suspension est autrement importante : c'est elle surtout qu'il faut exiger. La *Commission royale anglaise* pour l'étude des procédés d'épuration des eaux d'égout fixe à $0^{gr},03$ pour 1000 (dont $0^{gr},02$ de matière organique et $0^{gr},01$ de substances minérales) le maximum de ces matières en suspension qu'on peut considérer comme tolérable. Nous proposons d'admettre cette limite qui, dans les installations d'épuration biologique convenablement aménagées, ne doit jamais être dépassée.

Il convient également d'attacher un grand intérêt à la détermination de la *putrescibilité* par l'épreuve très simple connue sous le nom de « test d'incubation » ([1]).

Cette épreuve consiste à prélever, dans un flacon stérile, après décantation ou filtration sur papier, un échantillon de l'eau supposée épurée. Le flacon, bouché à l'émeri, est conservé pendant 7 jours à l'étuve à la température de 30 degrés. On titre, avant et après cette « incubation », la quantité d'oxygène que l'eau est susceptible d'emprunter au permanganate de potasse en 4 heures ([2]).

Si cette eau contient des matières organiques putrescibles, les ferments qui la peuplent s'emparent d'abord de l'oxygène dissous, puis, lorsque celui-ci a été utilisé, ils décomposent les sels oxygénés, d'abord les nitrates, puis les sulfates. Avec ces derniers, ils forment par réduction des sulfures que révèle facilement leur odeur nauséabonde.

([1]) Voir technique de cette méthode en appendice.

([2]) Généralement, en Angleterre, ce test d'incubation se pratique en évaluant la quantité d'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes; on y ajoute alors une détermination spéciale de la quantité d'oxygène emprunté à froid au permanganate en 4 heures, et cette épreuve permet d'évaluer la quantité de matières organiques contenue dans l'eau. Nous estimons préférable de simplifier cette méthode par la détermination de l'oxygène emprunté à froid *en 4 heures* au permanganate *avant* et *après* 7 jours d'incubation à 30° C. Cette épreuve simplifiée permet d'obtenir les deux indications essentielles concernant la richesse approximative en matières organiques et la putrescibilité.

Un effluent convenablement épuré emprunte la même quantité d'oxygène au permanganate *avant* et *après* les 7 jours d'incubation à 30 degrés. Au contraire, un effluent putrescible contenant des composés avides d'oxygène, tels que l'hydrogène sulfuré, absorbe plus d'oxygène et les résultats de la détermination sont plus forts *après* qu'*avant* incubation.

La *Commission royale anglaise* indique justement que cette épreuve du « *test d'incubation* » fournit des données plus exactes sur un mélange, en *proportions correspondantes à leur volume respectif*, de l'eau épurée et de l'eau de la rivière qui doit recevoir celle-ci. Le but essentiel que l'on poursuit en l'effectuant est d'évaluer approximativement la quantité de matières organiques contenues dans l'eau. Mais il importe de se rappeler qu'il ne s'agit là que d'une approximation, car certaines substances parfois abondantes dans les eaux résiduaires industrielles, telles que les sulfures, les nitrites, les sulfocyanates, les phénols et leurs dérivés, les matières colorantes, etc... sont également capables de réduire le permanganate de potassium.

Pour apprécier si une eau d'égout traitée par filtration intermittente sur le sol ou sur des lits bactériens est suffisamment épurée, il n'est ordinairement pas indispensable de faire d'autres analyses. Il peut toujours être utile de doser, *avant* et *après épuration*, l'azote organique, l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates; mais les éléments d'information qu'apporteront les résultats de ces analyses ne modifieront pas le jugement que le test d'incubation et la teneur de l'eau épurée en matières en suspension auraient permis de porter.

L'expérience montre en effet qu'il n'existe aucun rapport défini entre la proportion d'azote albuminoïde ou d'azote total et la quantité d'ammoniaque que peut contenir une eau épurée. En revanche, la détermination du taux d'ammoniaque et celle des nitrates fournissent une indication utile sur l'intensité des phénomènes d'oxydation qui s'accomplissent soit dans un champ d'épandage, soit sur un lit bactérien. Pour cette raison, il conviendra de ne pas les négliger.

En résumé, et bien que les études actuellement en cours sur les méthodes d'analyses des eaux d'égout ne permettent pas de préciser la nature des substances organiques contenues

dans ces eaux, nous estimons qu'on doit provisoirement admettre que l'*épuration est satisfaisante* :

1° *Lorsque l'eau épurée ne contient pas plus de* 0gr,05 *de matières en suspension par litre*;

2° *Lorsque après filtration sur papier la quantité d'oxygène que l'eau épurée emprunte au permanganate de potassium en 4 heures reste sensiblement constante avant et après 7 jours d'incubation à la température de 30 degrés, en flacon bouché à l'émeri*;

3° *Lorsque avant et après 7 jours d'incubation à 30 degrés l'eau épurée ne dégage aucune odeur putride ou ammoniacale*;

4° Enfin *lorsque l'eau épurée ne renferme aucune substance chimique susceptible d'intoxiquer les êtres vivants, végétaux ou animaux.*

Dans certains cas, on pourra tolérer l'évacuation d'un effluent incomplètement épuré et légèrement putrescible, lorsque cet effluent ne renfermera pas un excès de matières en suspension et lorsqu'il sera déversé dans un cours d'eau à grand débit (d'un volume au moins 50 fois plus considérable). On s'assurera alors que l'eau de la rivière ou du fleuve a une composition chimique et bactériologique sensiblement égale dans les échantillons prélevés *en amont* et *en aval, à quelques centaines de mètres du point de déversement.*

Rappelons en outre que, si parfaite que puisse être l'épuration réalisée par les procédés biologiques (lits bactériens ou irrigation intermittente avec ou sans utilisation culturale), *on ne doit jamais utiliser une eau d'égout épurée*, même très diluée, *à des usages alimentaires, sans purification chimique ou filtration préalable.*

Il est extrêmement désirable qu'avant d'être présenté à l'examen du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, des Conseils d'hygiène départementaux ou des Commissions sanitaires, *chaque projet d'épuration soit étudié avec le plus grand soin*, pour éviter les dépenses inutiles et l'adoption de procédés ou de dispositifs non appropriés aux conditions locales.

Il importe enfin que toutes les stations d'épuration d'eaux d'égouts ou d'eaux résiduaires industrielles, susceptibles d'intéresser la santé publique, soient l'objet d'une surveillance constante de la part des autorités sanitaires, lesquelles de-

vront s'assurer fréquemment de leur bon fonctionnement et de leur état d'entretien.

*
* *

TECHNIQUE DU « TEST D'INCUBATION » OU INDICE DE PUTRESCIBILITÉ

Les réactifs nécessaires pour employer cette méthode d'analyse sont :

1° Solution de permanganate de potasse contenant $0^{gr},395$ de permanganate par litre (1 c.c. de cette solution correspond à $0^{mgr},1$ d'oxygène);

2° Solution d'acide sulfurique pur au cinquième en volume;

3° Solution d'iodure de potassium à 10 pour 100;

4° Empois d'amidon à 2 grammes par litre;

5° Solution titrée d'hyposulfite de soude. On dissout 7 grammes de ce sel dans un litre d'eau. Cette solution doit être préparée de façon que 1 centimètre cube corresponde à 2 centimètres cubes de la solution de permanganate. Pour cela on mélange 50 centimètres cubes d'eau distillée, 10 centimètres cubes d'acide sulfurique diluée au 1/5 et 50 centimètres cubes de la solution de permanganate. On ajoute alors goutte à goutte la solution d'iodure de potassium jusqu'à ce que le mélange ait la coloration jaune brun clair de l'iode. Au moyen d'une burette graduée on verse la solution d'hyposulfite jusqu'à coloration jaune pâle. On ajoute quelques gouttes de l'empois d'amidon et on continue à faire couler la solution d'hyposulfite jusqu'à décoloration. Si la solution est exacte on aura employé 25 centimètres cubes d'hyposulfite. Si l'on n'obtient pas ce résultat, on ajuste la solution par une dilution convenable.

Cette solution est très altérable ; aussi doit-on en préparer peu à l'avance et, en tout cas, la titrer chaque fois avant d'en faire usage.

Technique de la méthode. — On mesure dans un matras 50 centimètres cubes de l'eau à analyser, préalablement bien décantée ou filtrée sur papier; on ajoute 5 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/5, puis 20 centimètres cubes ou davan-

tage de solution de permanganate. On abandonne le matras pendant quatre heures à la température du laboratoire. Au bout de ce temps on ajoute la solution d'iodure et on titre à l'hyposulfite. En tenant compte du volume d'eau employé (50 c.c.) 1 centimètre cube de la solution d'hyposulfite correspond à 4 milligrammes d'oxygène.

Il est nécessaire qu'il y ait toujours un excès de permanganate pendant les quatre heures et qu'après ce délai le mélange soit encore nettement coloré en rouge.

Le titrage par la solution d'hyposulfite doit être effectué aussitôt après l'addition de la solution d'iodure, pour éviter les erreurs que produirait la mise en liberté d'une partie de l'iode par l'acide sulfurique en solution.

L'analyse faite une première fois sur l'échantillon d'eau après son prélèvement, est répétée sur le même échantillon après qu'il a été conservé en flacon bouché à l'émeri pendant sept jours à l'étuve à 30 degrés. Si l'eau est convenablement épurée, la quantité d'oxygène empruntée au permanganate *avant* et *après* incubation est sensiblement la même. Il y a lieu de remarquer toutefois que certaines eaux épurées, non putrescibles mais riches en nitrates et contenant encore des matières organiques, peuvent absorber plus d'oxygène après qu'avant incubation, par suite de la décomposition des nitrates en nitrites. On doit donc toujours s'assurer si l'eau ne contient pas *après* incubation des quantités importantes de nitrites.

*
* *

Méthode de Bonjean. — *Ed. Bonjean* a proposé récemment[1] une méthode analogue à celle que nous venons d'exposer. Elle repose sur la détermination des principes réducteurs (c'est-à-dire le plus souvent les matières organiques putrescibles) au moyen d'une solution d'iode.

En présence de certaines matières organiques telles que les matières albuminoïdes, les peptones, les graisses, les huiles, les tannins, etc., l'iode forme des combinaisons soit par juxta-

[1] *Revue pratique d'Hygiène municipale*, Bulletin technique, octobre 1908.

position, soit par substitution, dans lesquelles il est impossible de déceler directement sa présence. Ces matières organiques fixent ainsi des quantités d'iode variables avec la nature même de la substance et avec la température. C'est ainsi que les matières albuminoïdes fixent plus d'iode que les matières gélatineuses et que les quantités d'iode fixé sur les matières albuminoïdes sont plus élevées à chaud qu'à froid.

D'autre part, l'iode, en sa qualité d'oxydant, réagit en présence de l'eau sur les produits réduits, tels que l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, les sulfites, les sulfures et sulfhydrates, l'ammoniaque, les amines, etc..., en fixant l'hydrogène.

On voit d'après l'énumération des propriétés de l'iode, énumération que nous empruntons à *Ed. Bonjean*, que son action est identique à celle du permanganate de potasse.

Pour déterminer la quantité d'iode absorbé, on emploie les solutions suivantes :

a) Solution d'iode dans l'iodure de potassium renfermant $0^{gr},747$ d'iode par litre (1 centimètre cube correspond à $0^{mgr},1$ d'H^2S);

b) Solution d'hyposulfite de soude correspondant à la solution d'iode;

c) Solution d'amidon.

On fait réagir à froid 10 centimètres cubes de la solution titrée d'iode sur 100 centimètres cubes d'eau, puis, après 10 minutes de contact, on évalue la quantité d'iode fixée au moyen de l'hyposulfite et de l'amidon.

Nous avons comparé les résultats obtenus par l'emploi de ces deux méthodes sur l'effluent des lits bactériens de la Madeleine. Nous avons déterminé l'oxygène absorbé en quatre heures, puis l'oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation et enfin l'iode absorbé en 10 minutes avant et après incubation. Nous avons évalué l'iode absorbé en hydrogène sulfuré, car vu le titre de la solution d'essai, cette méthode d'évaluation doit être, supposons-nous, celle adoptée par *Ed. Bonjean*. Les résultats sont donnés, comme habituellement, en milligrammes par litre.

MOYENNES	OXYGÈNE absorbé EN 4 HEURES	OXYGÈNE absorbé EN 3 MINUTES		POUVOIR RÉDUCTEUR ÉVALUÉ PAR L'IODE et exprimé en hydrogène sulfuré	
		avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation
1re Semaine . . .	5,8	2,0	1,66	1,52	0,86
2e — . . .	6,7	2,0	1,7	0,98	0,77
3e — . . .	7,5	3,1	2.46	1,53	1,01

On voit que ces méthodes n'ont pas donné toujours des résultats rigoureusement comparables. Cependant, pour les déterminations après incubation, dans l'une comme dans l'autre, on peut constater une diminution notable.

Il ne nous paraît pas qu'on doive, actuellement du moins, préférer la méthode proposée par *Ed. Bonjean* aux méthodes au permanganate, pour cette raison surtout que ces dernières permettent de comparer les résultats obtenus avec ceux des installations anglaises. En outre, comme elles fournissent des nombres plus forts, elles rendent les écarts plus facilement constatables.

*
* *

Détermination de la putrescibilité des eaux résiduaires épurées, par la méthode de R. Weldert et Kate Rohlich (1).

La méthode employée le plus souvent pour la détermination de la putrescibilité des eaux résiduaires épurées par les procédés biologiques est celle de *Thumm*, qui consiste à rechercher, au moyen de papier d'acétate de plomb, la formation d'hydrogène sulfuré libre dans un échantillon d'eau maintenu pendant 10 jours à 22 degrés. Cette méthode a le grave inconvénient de demander un temps trop considérable; pendant la durée de la recherche, les cours d'eaux qui reçoivent les eaux épurées peuvent être contaminées fortement

(1) *Mitth. aus der Königl. Prüfüngsanstalt für Wasserversorgung u. Abwässerseitigung zu Berlin*, 1907 *Heft* 10.

avant que l'analyse ait donné les indications nécessaires. En outre, l'emploi du papier d'acétate de plomb est peu commode.

Les auteurs ont avantageusement modifié cette méthode. La température d'incubation a été fixée à 37 degrés au lieu de 22 degrés ; dans ces conditions, l'hydrogène sulfuré, reconnu au moyen de l'acétate de plomb, apparaît au bout de 24 heures dans les deux tiers des échantillons encore putrescibles, et au bout de 72 heures dans tous ces échantillons, tandis qu'il n'apparaît, à 22 degrés, que dans un dixième des mêmes échantillons au bout de 24 heures, et dans tous ces échantillons seulement au bout de dix jours. L'expérience est donc beaucoup plus rapide à 37 degrés.

Les auteurs ont constaté en outre que, pratiquement, on peut substituer à la recherche de l'hydrogène sulfuré libre, celle de l'hydrogène sulfuré total, libre et combiné, sans avoir rien à changer dans les conclusions pratiques à tirer de l'analyse.

Au lieu de la réaction à l'acétate de plomb, les auteurs emploient la réaction de *Caro* au *bleu de méthylène*. Cette réaction est basée sur ce fait que la *p-Amidodiméthylaniline* (*diméthyl-paraphénylènediamine*) en solution acide donne avec le perchlorure de fer en présence d'hydrogène sulfuré une matière colorante bleue, le bleu de méthylène. Cette réaction permet de retrouver jusqu'à 56 milligrammes d'hydrogène sulfuré par litre, et elle indique à la fois l'hydrogène sulfuré libre et l'hydrogène sulfuré combiné. Les auteurs emploient cette réaction de la façon suivante : on prépare une solution en dissolvant 1 gramme de p-amidodiméthylaniline dans 300 centimètres cubes d'acide chlorhydrique à 1,19 de densité ; on y ajoute 100 centimètres cubes d'une solution à 1 pour 100 de perchlorure de fer. Le mélange se colore légèrement en brun quand on le chauffe un peu, mais il reste clair et se conserve très longtemps si on a soin de le placer dans des bouteilles brunes et à l'obscurité. Le réactif s'utilise en faisant couler, dans 10 centimètres cubes d'eau à examiner, 5 centimètres cubes de réactif, et en agitant : la coloration apparaît aussitôt ou après quelques minutes. Elle est jaune verdâtre pour les doses de 0,5 à 1 milligramme d'hydrogène sulfuré par litre,

verdâtre pour les doses de 1 à 5 milligrammes, vert bleuâtre pour les doses de 5 à 6 milligrammes, bleu-verdâtre pour les doses de 6 à 125 milligrammes, et bleues pour les doses supérieures à 125 milligrammes.

En reprenant avec ce réactif la recherche de l'hydrogène sulfuré dans les eaux résiduaires épurées et en plaçant les échantillons à 37 degrés, les auteurs ont pu constater que l'hydrogène sulfuré peut être décelé au bout de 24 heures dans 98 pour 100 des échantillons putrescibles, tandis qu'il faut attendre 72 heures si on fait la recherche à l'acétate de plomb. La méthode permet donc d'avoir des résultats rapides et exacts : il suffit de placer les échantillons à 37 degrés et de les éprouver au bout de 24 heures au moyen de la réaction de *Caro*.

CHAPITRE IX

TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DANS LES PAYS CHAUDS[1]

L'évacuation des excreta et des eaux usées tient peu de place dans la préoccupation des indigènes; il n'en est pas de même des colons européens qui savent l'importance de la dissémination de ces matières dans la propagation des maladies infectieuses. Aussi l'attention des hygiénistes et des ingénieurs a-t-elle été attirée sur l'étude des conditions du traitement des eaux d'égout dans ces pays. C'est surtout à *C.-C. James* et *Gilbert J. Fowler* que nous sommes redevables de travaux importants sur ce sujet dans l'Inde

Dans les villages indigènes où les habitations sont éparses, la méthode primitive d'évacuation des excreta et des eaux usées est seule employée. Il en résulte alors une fréquente contamination des eaux de boisson et l'extension des épidémies.

Lorsque les villages sont plus importants, les excreta sont recueillis dans des fosses et transportés sur les champs cultivés dans des tranchées souvent trop profondes. Si le sol est poreux les causes de contamination peuvent être en partie évitées par suite de l'épuration relativement rapide des eaux.

Lorsque la ville est assez grande et qu'elle possède un réseau d'égouts, on ne pourra y permettre l'évacuation de tous les excreta par le *tout à l'égout* que si l'eau est abondante,

(1) Major Ernest ROBERTS, Scientifics memoirs by Medical officers of the Army of India, Part. XII, 1901.

C.-C. JAMES, *Oriental Drainage*, a guide to the collection removal and disposal of sewage in Eastern Cities, Bombay, *Times of India*, 1902.

Gilbert FOWLER. The treatment of sewage under tropical conditions, Rapport au XIVe Congrès international d'Hygiène, Berlin, 1907.

Sewage disposal in India, The Sanitary Record, 13 août 1908, d'après le *British Medical Journal*.

car la stagnation de ces matières dans les égouts créerait, par des températures élevées, une situation bien plus dangereuse que leur transport dans les champs cultivés.

L'évacuation des eaux d'égout dans les rivières ou à la mer présente le plus souvent de grands dangers surtout dans les pays, comme l'Inde, où certains fleuves sacrés servent pour y puiser l'eau de boisson et s'y baigner. Aussi sera-t-il le plus souvent utile d'épurer ces eaux d'égout.

Dans les pays tropicaux les conditions locales sont très différentes de celles rencontrées en Europe. Il faut y tenir compte de la température, de la quantité d'eau consommée par habitant, de la nourriture et des coutumes des indigènes.

Si l'on écarte les cas extrêmes, la température maxima sous les tropiques est de 8 degrés supérieure à la température maxima dans l'Europe occidentale; par contre la température minima est de 18 degrés supérieure à la température minima européenne. On se trouve donc presque toujours dans les conditions les plus favorables aux fermentations microbiennes, ce qui peut faciliter grandement l'épuration, mais aussi causer des insuccès si ces fermentations sont mal conduites.

La consommation d'eau dans ces contrées est généralement beaucoup plus faible qu'en Europe. Dans l'Inde elle varie de 13 à 45 litres avec une moyenne de 22 litres par habitant, tandis qu'on compte plus de 100 litres par habitant en Angleterre.

Il y a lieu aussi de signaler les pluies torrentielles qui sont fréquentes à certaines époques de l'année.

La composition des eaux d'égout étant fonction de la nourriture des habitants, il faut donc connaître le genre de vie des indigènes. Leur régime est surtout végétarien; aussi les eaux-vannes contiennent-elles moins d'azote qu'en Europe; de plus les urines, répandues un peu partout, s'y mêlent peu. Les eaux d'égout contiennent aussi moins de savons et de graisses car les ablutions et le lavage des vêtements se font dans les rivières ou les mares; même lorsque des lavoirs spéciaux existent, la consommation de savon est plus faible en Europe. Ces conditions sont telles que l'eau d'égout, qui paraît très chargée si on ne tient compte que de la dilution, est moins

difficile à épurer qu'une eau d'égout européenne de concentration correspondante.

G. Fowler a donné les analyses comparatives de deux eaux : eaux d'égout l'une de l'Inde, l'autre d'Europe, également diluées au taux de 22 litres 7 par habitant. (Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.) Nous les reproduisons ci-après :

	Inde.	Europe.
	—	—
Oxygène absorbé en 4 heures	417,1	313,0
Azote ammoniacal	29,1	179,8
— albuminoïde	61,9	51,7
— organique (moins albuminoïde)	107,7	156,2
Chlore	93,0	262,0
Résidu sec	2560,0	2060,0
Soufre	20,5	32,2

Dans les pays tropicaux où le climat est sec et où les pluies ne sont pas abondantes, l'*épuration terrienne* donne de bons résultats. Il faut pour cela que la terre soit poreuse; les sols argileux ne doivent pas être utilisés. Le sol doit être drainé et les drains placés à une profondeur qui n'excèdera pas 1 m. 10. Ils seront suffisamment recouverts pour que l'eau d'égout ne s'y infiltre pas directement. Lorsque la terre est cultivée, elle doit être labourée et retournée soigneusement après chaque récolte pour faciliter l'aération. Pour cette raison, on doit éviter les mauvaises herbes et tout ce qui peut colmater la surface du sol. Dans les conditions avantageuses on peut traiter 336 mètres cubes par hectare et par jour. Pour l'irrigation culturale il faut prévoir 4047 mètres carrés de terres pour 100 habitants; pour la filtration intermittente sur sol non cultivé, cette surface peut suffire pour traiter les eaux d'égout de 500 habitants.

Comme cela a été déjà reconnu utile en Europe, il est recommandable de faire subir aux eaux d'égout un premier traitement en fosse septique avant de les épurer par le sol : on évite ainsi le colmatage des billons et la stagnation des eaux.

Les *procédés artificiels d'épuration* expérimentés dans l'Inde depuis 10 ans ont été étudiés par *C.-C. James* puis par *G. Fowler*.

Il faut d'abord rejeter, dans le traitement préliminaire, la

précipitation chimique, car les produits employés y sont souvent coûteux et le transport de grandes quantités de boues n'est pas sans danger.

C.-C. James a fait construire une *fosse septique* au *Leper's Asylum* de *Matunga*. Avec des eaux plus diluées, il est vrai, que la plupart des eaux d'égout de l'Inde, il a obtenu une dissolution très importante des matières en suspension (environ 75 pour 100). Toutes les eaux usées de 400 personnes, soit environ 91^{m3} par jour, séjournaient 8 heures dans la fosse septique ouverte.

En 8 ans on n'a dû effectuer que 3 dragages de la fosse, le premier seulement après 3 ans. La comparaison de la composition des boues fraîches et des boues ayant séjourné en fosse septique donne les résultats intéressants que voici :

	Boues fraîches.	Boues septiques.
Matières organiques	86 0/0	28 0/0
— minérales	14 0/0	72 0/0

On a donc obtenu dans l'Inde une meilleure dissolution des boues avec un séjour de 8 heures des eaux dans la fosse, qu'en Angleterre avec le séjour de 24 heures. Ces constatations montrent l'activité des fermentations aux températures élevées.

D'après *G. Fowler*, lorsque les eaux sont plus chargées que celles qui ont servi aux expériences de *C.-C. James*, la durée de séjour doit être prolongée et avec des eaux correspondant à un volume de 22 litres 7 par habitant et par jour, il faut construire une fosse dans laquelle les eaux séjournent 3 jours.

G. Fowler a donné les principes de construction de fosses septiques pour traiter les matières excrémentitielles. Il faut que toutes les matières solides soient retenues dans le premier compartiment de la fosse où elles sont décomposées et liquéfiées, tandis que la partie liquide passe sans former de courants dans les autres compartiments dans lesquels elle abandonne les matières non dissoutes. Il est préférable de couvrir les fosses en ménageant des regards de visite.

Comme la venue des eaux n'est pas constante dans les 24 heures, on doit les retenir dans un bassin spécial pendant

les heures de grande venue et les laisser écouler pendant le reste du jour, de façon qu'il y ait un écoulement régulier dans la fosse et un égal déversement sur les lits bactériens.

La fosse sera rectangulaire, d'une longueur au moins égale à 6 fois sa largeur et d'une profondeur moyenne de 1^{m},80 avec légère pente pour l'évacuation des boues vers une ouverture fermée par une vanne à l'entrée et à la sortie de la fosse.

A l'entrée de la fosse on établira un premier compartiment d'une capacité égale au 1/8 de la capacité totale de la fosse, formé par un mur dont les 2/3 inférieurs seront percés de trous. De cette façon, les matières solides formeront une masse flottante à la surface de ce compartiment, et les liquides s'écouleront par les trous dans la partie principale de la fosse. Le fond de ce compartiment sera en pente régulière vers un orifice d'évacuation des boues fermé par une vanne. Une ouverture identique sera aménagée à l'extrémité de la fosse du côté de la sortie des eaux.

L'effluent de la fosse sera évacué par 3 tuyaux équidistants encastrés dans la paroi au premier tiers environ de la hauteur minima du liquide. L'écoulement sera réglé de telle sorte que, même aux heures de grande venue d'eau, la quantité d'effluent ne soit pas supérieure à celle qui peut être traitée avec efficacité par les lits.

C.-C. James a montré que les fermentations dans ces fosses dégageaient de grandes quantités de gaz combustibles dans les pays chauds. Voici la composition de ces gaz d'après:

	C.-C. James.	G. Fowler.
Acide carbonique	3 à 16 0/0	0,5 à 4,7 0/0
Méthane	24 à 32 0/0	46,5 à 47,0 0/0
Hydrogène	12 à 20 0/0	2,1 à 3,1 0/0
Azote	48 à 60 0/0	36,0 à 37,5 0/0
Oxygène	néant.	8,9 à 9,3 0/0

Il y a lieu de faire remarquer que les analyses ne sont pas tout à fait comparables, car dans les expériences de *James* l'eau d'égout était plus diluée, en plus grand volume, et elles contenaient un mélange de toutes les eaux usées, tandis que celles de *Fowler* portaient sur des eaux plus concentrées, traitées comme il a été dit plus haut et ne contenant que des excreta. Ces gaz sont très combustibles, mais la grande quantité d'acide

carbonique qu'ils contiennent obligerait à les traiter par la chaux avant leur utilisation.

D'après *James*, l'eau d'égout provenant de 450 personnes peut donner 81 à 108 litres de gaz par habitant et par jour, avec une évacuation de 136 litres d'eau par habitant et par jour, et un séjour de 8 heures des eaux en fosse septique.

Pour la récolte des gaz on transforme la partie principale de la fosse, à l'exclusion du premier compartiment, en gazomètre, et on les extrait sous pression réduite. En ne recueillant pas les gaz du compartiment d'entrée on réduit au minimum la proportion d'azote.

Lorsqu'on met en service une fosse, on y déverse, si cela est possible, de la boue liquide provenant d'une fosse en bonne activité, de façon à avoir sur le fond une couche d'environ 25 millimètres ; puis on remplit la fosse avec de l'eau propre. On y admet alors les eaux vannes seulement peu à peu, en commençant par le tiers du volume à traiter pour n'arriver au volume total qu'au bout de 3 mois. On examine pendant ce temps si le fonctionnement est satisfaisant soit par des analyses, soit par l'aspect et la quantité du dépôt de boues. Lorsqu'il y a plus de 30 centimètres de boues à l'extrémité de sortie de la fosse il y a lieu d'en évacuer la plus grande partie. Il en est de même pour le compartiment d'entrée.

L'effluent de fosse septique est facilement épuré par le traitement terrien, il peut l'être aussi sur les lits bactériens, de préférence sur les lits à percolation.

Il se présente aussi des cas où la quantité d'eau à épurer varie dans de très grandes proportions, par exemple lorsqu'il s'agit des écoles à cause des vacances, des camps militaires, des refuges de pèlerins, etc... *James* a montré qu'alors on pouvait obtenir de bons résultats, pendant les périodes plus ou moins longues de surproduction, en traitant les eaux brutes sur des lits bactériens à percolation dont la partie superficielle est composée de gros matériaux pour retenir les matières solides, que l'air, la lumière, les actions microbiennes et les humidifications fréquentes désagrègent et décomposent rapidement. Pendant les périodes de non fonctionnement, il est nécessaire que les lits soient maintenus humides par de fréquents arrosages.

Selon le *Major Ernest Roberts*, les eaux doivent être traitées d'abord dans des fosses septiques ou par filtration de bas en haut, puis par lits bactériens et enfin par irrigation sur la terre arable.

Il faut prévoir les circonstances où il peut y avoir danger de contamination microbienne par le rejet des effluents épurés dans les cours d'eau; on doit alors les stériliser. *G. Fowler* recommande l'emploi du chlorure de chaux, qui, dit-il, ne peut être nuisible aux poissons, si on prend la précaution de retenir les eaux traitées pendant 2 heures dans un bassin. Le soleil a vite fait disparaître tout le chlore actif.

On a fait dans l'Inde un certain nombre de petites installations de traitement des eaux vannes et, dans la plupart des cas, l'épuration a été inférieure à celle obtenue en Angleterre. Heureusement, presque partout, on pouvait disposer de terrains suffisants pour parfaire l'épuration. Avec ce double traitement on obtient l'élimination de 90 à 99 pour 100 des bactéries intestinales. Les imperfections biologiques de ces installations peuvent être attribuées surtout aux conditions défectueuses de fonctionnement dues au manque de surveillance, et à la grande concentration des eaux à traiter. De plus, dans quelques cas, le volume des eaux et leur composition ont subi des variations qui n'avaient pas été prévues.

Les difficultés rencontrées dans le traitement biologique des eaux vannes résultent généralement de vices de construction des lits bactériens. L'épuration par ces derniers permet d'obtenir un effluent d'une grande pureté chimique, mais ne donne pas une sécurité absolue en ce qui concerne la dissémination des maladies infectieuses. Par le passage des eaux dans les fosses septiques couvertes on obtient la destruction des matières solides et l'effluent peut être utilisé en irrigation sur le sol, sans subir de traitement sur lits bactériens. La suppression de ces lits simplifierait beaucoup le problème de l'épuration en diminuant le coût de l'installation et en réduisant la surveillance. Des essais entrepris dans l'Afrique du Sud (Hôpital de *Pretoria*), basés sur cette méthode de traitement, ont donné de bons résultats sans causer aucune nuisance. Mais une autre installation à *Pretoria*, construite par l'administration militaire, a donné de mauvais résultats et on a reconnu

que les fosses septiques étaient de capacité trop réduite.

Rappelons en terminant que, lorsqu'il s'agit d'épurer les eaux d'égout en pays chauds, quelle que soit la méthode employée, on doit se préoccuper d'éviter avec le plus grand soin la pullulation des mouches et des moustiques dont le rôle est capital dans la propagation d'un grand nombre de maladies contagieuses, microbiennes ou parasitaires (paludisme, fièvre jaune, choléra, dysenterie, vers intestinaux, etc...). Il importe donc au plus haut point, soit de garnir la surface des fosses septiques ouvertes et leurs canaux de déversement avec des grillages en toile métallique fine, soit de retenir constamment, au moyen de lames plongeantes, sur l'eau de ces fosses et de ces canaux une mince couche d'huile minérale ou de pétrole brut. Les lits bactériens ou les terrains d'épandage devront être éloignés d'au moins 300 mètres de toute habitation et entourés d'arbres et d'arbustes à feuillage dense. Enfin, dans les villes et dans chaque immeuble, les regards de visite des égouts et les tuyaux d'aération seront également protégés par des toiles métalliques fines.

CHAPITRE X

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES D'ABATTOIRS

Parmi toutes les eaux résiduaires, celles des abattoirs et surtout des petits abattoirs sont des plus difficiles à traiter; l'épuration en est possible, mais, pour la réaliser, il faut tenir compte d'un ensemble de circonstances locales des plus variables.

En effet, la composition de ces eaux varie d'une façon considérable avec la quantité d'eau consommée par les bouchers, suivant que cette eau est mise à leur disposition facilement, à robinet ouvert, ou difficilement, par pompage. Elle varie aussi suivant le soin apporté par les opérateurs à écarter tous les résidus solides, contenu des intestins, estomacs, débris de viande, de graisses, etc., à recueillir le sang et au lavage des tripes. On voit donc que les eaux seront plus ou moins chargées et par suite les méthodes d'épuration qui pourront être proposées devront, si on veut les généraliser, être susceptibles de s'accommoder à ces variations.

De plus, dans les petits abattoirs ruraux, l'abattage ne se fera que pendant un ou deux jours par semaine, et pendant quelques heures par jour. On aura donc, pendant un temps très court, à traiter des eaux le plus souvent très polluées.

Les eaux résiduaires d'abattoirs sont des dilutions plus ou moins grandes du sang, de l'urine et des matières excrémentitielles des animaux abattus. A la campagne, ces eaux devront le plus souvent être évacuées dans des fossés, à pente très faible et ordinairement assez mal entretenus, où elles stagneront et, en se putréfiant très rapidement, répandront des odeurs nauséabondes, ou bien s'infiltreront dans le sol en contaminant les nappes aquifères sous-jacentes.

On pourrait recommander de les utiliser pour la fertilisation des terres, car ces eaux représentent à peu près le purin plus dilué et sont un engrais de premier ordre. Mais la difficulté de les éloigner très rapidement des abattoirs à toute époque de l'année, à moins de les emmagasiner dans des citernes très grandes et par suite très coûteuses, fera renoncer le plus souvent à cette utilisation et on préférera employer une autre méthode applicable à tout moment. Cependant, lorsque les circonstances permettront l'épandage de ces eaux sur les terres, il sera toujours indiqué de prévoir un bassin de décantation à la sortie des abattoirs, de façon à éviter le colmatage trop rapide des sillons et l'envasement des canaux de distribution.

Les procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout seront souvent inapplicables, principalement pour deux raisons : ces procédés permettent l'épuration des eaux seulement lorsque la matière organique ne dépasse pas une certaine quantité : or lorsqu'il y a pénurie d'eau ou difficultés dans son emploi, les eaux résiduaires des petits abattoirs ruraux sont trop chargées. D'un autre côté, comme nous l'avons dit plus haut, l'abattage ne se fait que pendant un ou deux jours par semaine. Or, dans les procédés biologiques artificiels les eaux sont reçues dans des bassins appelés fosses septiques où elles séjournent un certain temps qu'on admet être environ 24 heures. Lorsque les eaux y séjournent plus longtemps, les fermentations actives dans ces fosses poussent si loin la désintégration des matières organiques que le liquide qui en sort, par suite d'un afflux de nouvelle eau à traiter, répand, lorsqu'il est distribué sur les lits bactériens pour y être épuré, des odeurs très désagréables qui suscitent les réclamations des propriétaires voisins. De plus, il a été remarqué que les eaux ayant séjourné longtemps en fosse septique s'épurent plus difficilement que celles n'y ayant passé que le temps voulu.

Il est cependant indispensable d'épurer le mieux possible ces eaux, et les pouvoirs publics mettront toujours cette obligation de l'épuration dans les conditions de l'arrêté d'autorisation d'établissement d'abattoirs.

Pour épurer les eaux résiduaires d'abattoirs, il faut d'abord

en séparer autant que possible les matières en suspension. La sédimentation par repos, ou celle par écoulement ralenti, n'est pas applicable à ces eaux, car elles entraînent de grandes quantités de composés organiques très légers, sang coagulé principalement, qui se déposent difficilement. La précipitation chimique, au contraire, entraîne mécaniquement toutes ces matières et même dans certains cas une partie des matières en solution.

Pour obtenir la précipitation, *on ne peut pas employer la chaux*, car elle donne lieu à des dégagements d'ammoniaque et d'autres produits à odeurs très désagréables.

Le *sulfate ferrique*, seul ou associé au *sulfate d'alumine* (*alumino-ferric ou ferrozone*), est le précipitant de choix pour les eaux d'abattoirs. En additionnant ces eaux d'une quantité convenable de ce sel, on obtient un précipité abondant qui entraîne les matières en suspension, coagule le sang et les matières albuminoïdes, et désodorise les eaux. L'effluent, après bonne décantation, est clair, décoloré et à peu près inodore. La proportion de sel à ajouter pour obtenir une bonne précipitation varie, pour une eau de composition déterminée, entre certaines limites; les quantités trop faibles ne donnent lieu à aucune précipitation, et un excès de sel peut redissoudre une partie du précipité. Les proportions nécessaires seront déterminées par l'expérience. Elles seront d'autant plus grandes que la pollution est plus importante; mais nous ne pensons pas qu'on doive employer moins de 1 kilogramme par mètre cube d'eau.

Le meilleur mode d'emploi du sulfate ferrique est d'en faire une solution à un titre connu, qu'on fait écouler dans l'eau résiduaire en proportion déterminée avec le volume de cette dernière. Ceci peut se faire dans une grande installation où l'écoulement des eaux est ou peut être rendu relativement constant. Pour les abattoirs ruraux, l'écoulement des eaux étant très intermittent, nous conseillons plutôt l'emploi du sel à l'état solide. Voici comment on pourrait comprendre le traitement des eaux.

Toutes les eaux usées, *à l'exclusion des eaux de pluie*, seront collectées dans un caniveau qui aboutira à une série de grilles qui retiendront les matières en suspension volumineuses,

puis à une petite chambre dans laquelle on disposera un panier à fond perforé. Dans ce panier on placera le sulfate ferrique (qui devra être aggloméré en briquettes ou en gros morceaux ne se délitant pas trop rapidement) en quantité suffisante pour traiter les eaux pendant un temps déterminé. Les eaux, en traversant ce panier, dissoudront le sel en proportion de leur volume, et tomberont dans un autre caniveau placé en contre-bas, qui sera pourvu soit de chicanes, soit de cascades, de façon à bien mélanger les eaux. Puis celles-ci seront évacuées dans un bassin de décantation.

La décantation peut se faire par repos, et c'est la plus efficace : pour cela le bassin sera suffisamment grand pour recueillir toutes les eaux écoulées pendant une journée. Le lendemain, par un dispositif approprié (siphon ou tuyau souple à flotteur), on décantera le liquide clair surnageant. On peut aussi obtenir la décantation par écoulement continu mais ralenti ; les eaux cheminant très lentement dans ce bassin y abandonneront les matières précipitées. Dans ce dernier cas il est utile de mettre, à l'extrémité du bassin, une chicane de surface formée d'une simple planche de bois goudronné plongeant de 10 à 20 centimètres dans le liquide, pour arrêter les matières flottantes. Ces bassins auront le fond disposé en pente allant de la sortie vers l'entrée, pour permettre l'accumulation des boues en un endroit d'où on les pompera chaque semaine pour les transvaser dans un autre bassin ou pour les utiliser immédiatement comme engrais en les transportant sur les terres.

Les eaux résiduaires d'abattoirs ainsi traitées donneront le plus souvent un effluent qui ne sera pas complètement épuré, car il renfermera encore quelques composés organiques et de l'ammoniaque. Cet effluent pourra être plus facilement traité en irrigation culturale, principalement dans les prairies. Lorsque la situation des abattoirs le permettra ou lorsque l'effluent devra être évacué dans un cours d'eau très propre, il est à recommander de parfaire l'épuration par le traitement sur les lits bactériens aérobies où la matière organique et l'ammoniaque seront oxydées. L'effluent sera alors rendu imputrescible. Pour cela nous pensons qu'il sera utile d'établir, à la sortie du bassin de décantation, un bassin régulateur

qui permettra la distribution sur les lits bactériens, à intervalles réguliers et convenablement espacés. Lorsque le lit bactérien est bien établi, l'entretien et la surveillance sont réduits au minimum.

Il reste à prévoir le cas où un animal atteint de maladie contagieuse sera abattu avant l'arrivée du vétérinaire inspecteur. Les eaux résiduaires devront alors être désinfectées avant d'être employées en irrigation culturale ou même avant traitement dans les lits bactériens. Cette désinfection pourra se faire facilement et à peu de frais s'il y a un bassin de décantation par repos. Il suffira d'ajouter au mélange des eaux résiduaires déjà traitées par le sulfate ferrique, environ 1 kilogramme de chlorure de chaux par mètre cube d'eau (le chlorure de chaux étant dissous préalablement dans un baquet) et de bien brasser le mélange. La décantation faite le lendemain donnera un liquide pratiquement stérile. Il n'y a pas lieu de craindre l'effet nuisible sur les terres du chlore actif qui pourrait persister dans les eaux ainsi épurées, car il en restera certainement très peu après un séjour aussi prolongé en présence de matières organiques.

Dans ce qui précède, nous avons envisagé les abattoirs comme établissements isolés, mais il pourra se présenter des cas où l'assainissement de la localité où ils sont installés, sera possible à peu de frais. Les eaux résiduaires des abattoirs seront alors admises dans les égouts et s'y mélangeront avec toutes les eaux usées de la commune — et le tout sera épuré par les procédés biologiques [1].

[1] Voir IMBEAUX et ROLANTS, *Hygiène rurale*, p. 205, Paris, Baillière, 1907; CALMETTE, *Recherches sur l'épuration biologique des eaux d'égout*, Paris, Masson, t. I, II et III.

CHAPITRE XI

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN FRANCE EN 1908

Il est très regrettable qu'en France les villes négligent le plus souvent les intérêts de leurs habitants au point de ne se préoccuper des questions sanitaires de toute première importance, comme l'évacuation et l'épuration des eaux d'égout, que lorsque le pouvoir central, ému de leur insalubrité, les met en demeure d'étudier et d'exécuter un projet.

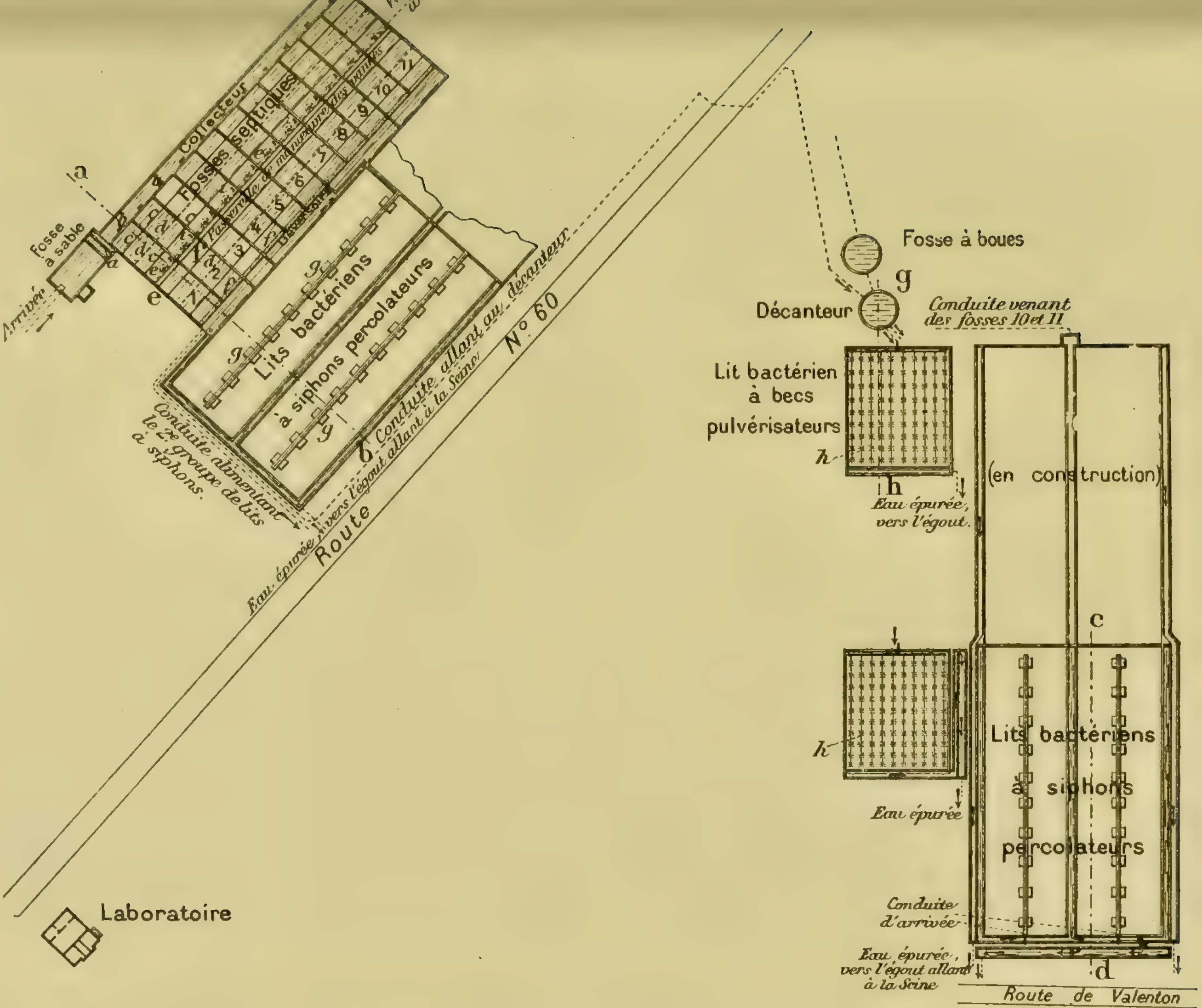
Et comme des considérations de toutes sortes font que cette mise en demeure ne peut être qu'exceptionnelle, il en résulte que le nombre des agglomérations urbaines actuellement pourvues d'un réseau d'égout complet, même sans épuration, est extrêmement restreint.

Si l'on excepte *Paris*, les seules villes dont les eaux-vannes soient épurées sont *Reims* par épandage et *Toulon* par le système biologique artificiel.

Toulon a adopté les lits bactériens à double contact avec fosse septique couverte. L'installation faite avec grand soin par *M. Valabrègue* pour le compte de la ville est très satisfaisante et peut être citée comme un modèle, malgré quelques défectuosités faciles à corriger d'ailleurs et qui sont inhérentes à l'emploi d'appareils spéciaux pour la vidange automatique des lits. Nous l'avons décrite en détail dans le vol. III de ces recherches (p. 171); nous n'y reviendrons pas.

Les seuls projets importants qui aient été définitivement adoptés ou en cours d'exécution en 1908 sont ceux de *Mesly-Créteil* pour le département de la Seine, de *Villeneuve-Saint-Georges*, de *Lille* et de *Privas*.

La station d'épuration de *Mesly-Créteil*, construite sur les plans de M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées *Mahieu* sous



a. — Échelles de débit.
b. — Vannes d'admission d'eau.
c. — Chicanes de surface.
d. — Chicanes de fond.
e. — Bondes pour l'évacuation des boues.
f. — Boîtes à gravier.
g. — Siphons percolateurs intermitetnts.
h. — Pulvérisateurs.
i. — Vannes de communication.

Planche III. — STATION D'ÉPURATION BIOLOGIQUE DE MESLY-CRETEIL (DÉPARTEMENT DE LA SEINE).

la haute direction de *M. Hétier*, inspecteur général des Ponts et Chaussées du département de la Seine, vient seulement d'être achevée. Nous en reproduisons ci-après un plan schématique que nous devons à l'obligeance de *M. Cavel*, ingénieur-chimiste chargé du laboratoire de la station. (Plan III.)

Elle peut traiter dès maintenant un volume d'eau d'égout de 8000 mètres cubes par jour. Ces eaux proviennent de *Saint-Maurice* et de *Maisons-Alfort*. Après 24 heures environ de séjour en fosses septiques ouvertes, elles sont distribuées sur des lits bactériens percolateurs de divers systèmes, les uns semblables à ceux de *la Madeleine* (siphons de chasses à déversement intermittent dans un réseau de drains de surface); les autres à becs pulvérisateurs fixes, analogues à ceux de *Birmingham*; d'autres encore avec appareils dits « va et vient » du genre de celui de *Ham-Baker* (ces recherches, vol. III, p. 158).



Le projet d'assainissement de *Villeneuve-Saint-Georges* (Seine-et-Oise) va réaliser pour la première fois en France une application vraiment rationnelle du système atmosphérique dit « *limiteur* ».

Ce projet a été dressé par M. l'ingénieur *Gandillon*, qui s'est inspiré de nos conseils et a bien voulu nous communiquer la note ci-jointe que fera comprendre les plans schématiques (plan IV et fig. 15).

L'étude de l'assainissement de *Villeneuve-Saint-Georges* est dominée par les trois considérations suivantes :

1° Impossibilité au point de vue hygiénique de rejeter directement en Seine et en amont de Paris les eaux-vannes ou un mélange d'eaux-vannes et d'eaux pluviales;

2° Situation particulière de la ville dont toute la partie neuve est construite dans une plaine dont la surface du sol ne présente pas de pente sensible;

3° Présence de l'eau dans le sous-sol de la ville à une très faible profondeur.

La première de ces considérations a conduit à la séparation du réseau des eaux-vannes et du réseau des eaux pluviales, de façon à ne pas avoir à épurer un volume d'eau trop considérable.

La deuxième et la troisième considérations ont nécessité le choix d'un système d'égouts-vannes permettant une pente assez faible de conduites sans qu'il en résulte une augmentation sensible du diamètre de ces conduites, et, par conséquent, du prix de premier établissement. Le *système atmosphérique limiteur* répond exactement à cette condition.

L'assainissement de *Villeneuve-Saint-Georges* comprend donc un réseau d'égouts-vannes du système atmosphérique limiteur. Les eaux pluviales sont conduites directement en Seine; les eaux-vannes sont épurées dans une usine spéciale et déversées ensuite dans le collecteur des eaux pluviales.

Le réseau pluvial est composé de tuyaux en ciment de $0^{m},300$ à $0^{m},600$ de diamètre; son développement total est de 3982 mètres; sa construction ne présente, d'ailleurs, aucune particularité remarquable.

Le système atmosphérique limiteur adopté pour les égouts-vannes est caractérisé par le fonctionnement très spécial de l'autocurage, qui le différencie du système dit « Tout-à-l'égout » et qui permet l'emploi de conduites à faible section sans qu'on puisse avoir aucune crainte d'engorgement, même si des corps lourds et volumineux ont été introduits dans le réseau.

Le système atmosphérique limiteur est essentiellement basé sur l'écoulement des eaux usées, en temps normal, par simple gravité. Les eaux ménagères, les matières fécales, toutes eaux souillées des immeubles, sont rejetées par les tuyaux de chute dans des récipients en fonte appelés *réservoirs-limiteurs*; ces appareils ne portent aucune grille d'interceptions mais ils retiennent momentanément une partie des eaux destinées ultérieurement à l'autocurage, l'autre partie s'échappant par trop-plein dans la canalisation de rue. Par là les eaux continuent à s'écouler, toujours par leur propre poids, jusqu'au réservoir central où le même principe est appliqué, le trop-plein du réservoir central cheminant dans le collecteur par simple gravité jusqu'à l'usine finale de réception. Il n'y a donc pas de modification de principe entre ce système et le tout-à-l'égout pour le fonctionnement normal; mais la différence — et elle est essentielle, se manifeste en ce que, — par des moyens à la fois simples et puissants, on peut créer, dans toutes les parties du réseau sans exception et à intervalles choisis appropriés au

service, des chasses extrêmement énergiques au moyen des eaux-vannes elles-mêmes. On fait intervenir à cet effet la pression atmosphérique toujours disponible, et ce fonctionnement exceptionnel a lieu sans interrompre un instant le fonctionnement par simple gravité.

Cette conception est, en outre, très économique puisque, *sans faire appel à aucune quantité d'eau propre qui, dans tout autre système, doit alimenter des réservoirs de chasse*, ce sont les eaux-vannes elles-mêmes qui sont projetées simultanément dans tout le réseau et qui assurent ainsi le vigoureux nettoyage de ses moindres artères. Avec ce procédé plus n'est besoin d'exiger des propriétaires des immeubles à assainir des installations onéreuses, comme celles qui sont imposées dans le tout-à-l'égout; en outre le volume d'eau à évacuer, à épurer et à relever mécaniquement est minime, et — fait extrêmement intéressant au point de vue de l'épuration — ce volume est très constant.

Ainsi, en ce qui concerne *Villeneuve-Saint-Georges*, le volume total quotidien prévu pour 8000 habitants qui auront leurs maisons branchées sur le réseau d'égouts-vannes est de 280 mètres cubes, ce qui correspond à une évacuation d'eaux-vannes et ménagères de 35 litres environ par habitant et par jour.

Tout autre système nécessitant des chasses d'eau exigerait une dépense minimum de 100 litres par habitant et par jour. Si l'on compte le mètre cube d'eau à 0,30, l'on voit que le système atmosphérique limiteur permet d'éviter une dépense annuelle d'eau qui, dans le tout-à-l'égout, par exemple, s'élèverait à :

$$0{,}065 \times 8000 \times 365 \times 0{,}30 = 56.940 \text{ francs.}$$

Bien plus, le relèvement des eaux-vannes dans les bassins d'épuration ne portera que sur 280 mètres cubes au lieu de 800 mètres cubes par jour, et, de ce fait, on réalisera avec le système atmosphérique limiteur une économie qui compensera, et au delà, les dépenses occasionnées par le fonctionnement de pompes à vide employées pour le service de l'autocurage.

L'application du système atmosphérique limiteur à Villeneuve-Saint-Georges a été faite de la façon suivante :

Le territoire entier a été divisé en 6 réseaux parmi lesquels 3 réseaux seront à établir immédiatement, les autres étant construits au fur et à mesure des extensions de la ville.

La figure 13 indique le plan d'ensemble des égouts-vannes. Les conduites de rues sont en fonte avec un diamètre de 0,150; ce diamètre permettra sans doute au système de recevoir une application ultérieure en ce qui concerne les ordures ménagères. Le collecteur est en fonte également; il a un diamètre de 0,350 sur le premier kilomètre et de 0,400 sur les 1500 mè-

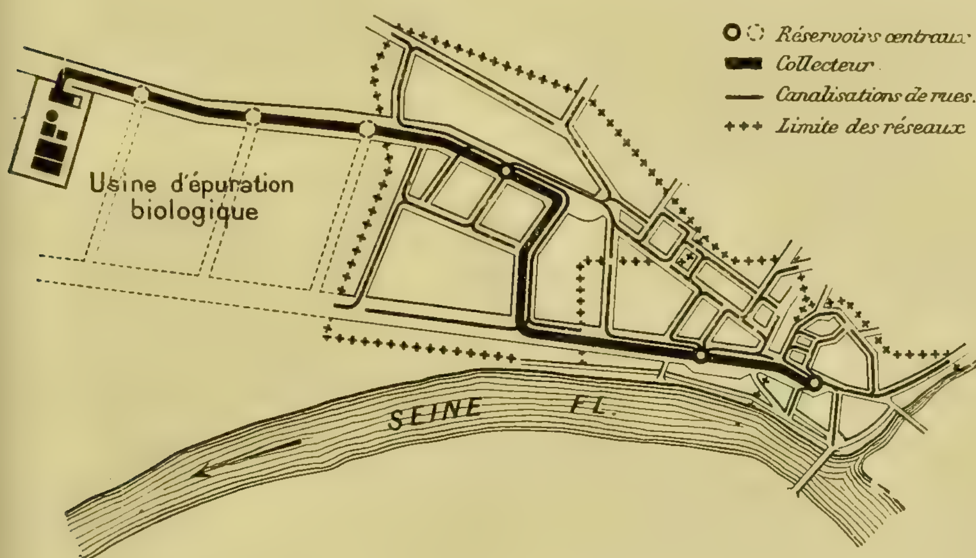


Fig. 13. — Plan général d'assainissement de Villeneuve-Saint-Georges.

tres suivants et jusqu'à l'usine. Il est établi suivant une pente uniforme de 0,001 par mètre. Sur son passage, il reçoit les eaux des différents réservoirs centraux établis dans chacun des réseaux. Les réservoirs centraux forment des chambres souterraines où descend un robinettier chargé de faire, par une simple manœuvre de robinets, l'opération de l'autocurage pour chacune des canalisations de rue de chaque réseau.

Le réservoir limiteur, facilement transportable, est un appareil en fonte qu'on peut installer dans la cave de la maison ou enterrer à même le sol. Le petit modèle a pour dimensions : longueur 0,60; largeur 0,50; hauteur 0,75. C'est lui qui reçoit les différentes chutes de l'immeuble. Il ne possède aucune grille d'interruption ni aucun levier; il ne contient que deux

boules entièrement libres dont le jeu est cependant rigoureusement assuré.

Le « volant de vide », principe nouveau sur lequel est basé le fonctionnement de l'autocurage, a pour valeur 200.

La dépression normale atteindra 50 centimètres de mercure.

La dépression d'équilibre après entourage de la canalisation de la rue la plus chargée sera de 44 centimètres de mercure. La vitesse théorique de l'air à l'entourage sera de 327 mètres par seconde. Le poids d'air écoulé pendant l'entourage de la canalisation la plus chargée sera égal à 18^{k},600. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre sera de 6 secondes 8.

La planche IV indique la disposition adoptée pour l'usine de réception des eaux vannes.

Le collecteur de 0^{mm},400 pénètre dans l'usine et se ramifie en deux tronçons symétriquement placés au-dessus de deux réservoirs cylindriques auxquels ils sont respectivement reliés par l'intermédiaire d'un robinet plongeur. Chacun de ces réservoirs a une capacité de 15 mètres cubes. Une tôle perforée divise chaque réservoir en deux compartiments, de telle sorte que, d'un côté se trouvent les eaux brutes et que de l'autre il n'y ait que des liquides. C'est dans ce dernier compartiment que sont branchées deux pompes centrifuges de 60 mètres cubes chacune que l'on peut faire travailler isolément ou bien accoupler en tension Leur commande est indépendante et se fait électriquement. Elles peuvent être mises en marche directement d'un tableau ou bien automatiquement lorsque les eaux qui s'accumulent dans les réservoirs atteignent un niveau déterminé. Ces eaux sont refoulées au réservoir régulateur qui précède les bassins d'épuration. Le compartiment d'eaux brutes porte une tubulure de fond qui le relie à un extracteur à vide; l'on peut ainsi relever directement, sans faire usage de pompes ou d'appareils délicats, les boues et les corps étrangers mêlés aux eaux-vannes. Les produits de l'extracteur peuvent être envoyés par gravité soit dans une petite fosse septique, soit dans la fosse à boues. Une tuyauterie de vide met en communication l'extracteur, les réservoirs d'usine et le collecteur avec un groupe de deux pompes à vide capables d'aspirer chacune 750 mètres cubes à

Coupe a,b,c,d.

Pente de 0.0005 sur 38 m
D=0.20
Ds
S
O₁
(15.57)
(14.72)
α β γ δ ε φ λ
Fosse septique
32m40
1,15

Coupe a,b,e,f.

Fosse septique
32m40
1,15

Coupe g,h.

3,30 3,00 4,00
E F G Siphons H Geneste I Henscher K
Fosses septiques
1 2 3 4 5 6
4,20 4,20 4,20 4,20 4,20 4,20
27,08

Coupe i,j.

13m37 12m91
P''' Siphons Parenty P'' P' P
λμ
Fosses septiques

Coupe k,l.

λμ
5,50 0,70 5,95 0,70 5,73 0,70 Déb 5,75
P P' P'' P'''
L M N O

Coupe m.n.

10,00 10.00
Lits bactériens à percolation

E. Morieu, Gr.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

Lith. Dufrénoy, Paris.

l'heure. Ces pompes sont commandées électriquement, toute l'usine étant branchée sur le réseau électrique de Villeneuve-Saint-Georges.

Établie d'après les résultats importants et pratiques obtenus à l'usine expérimentale de *la Madeleine*, l'usine d'épuration projetée à *Villeneuve-Saint-Georges* comporte un bassin régulateur de 150 mètres cubes qui recevra les eaux de refoulement des pompes. De ce bassin les eaux s'écouleront, avec un débit qui sera réglé de manière à être aussi constant que la bonne marche de l'épuration l'exigera, dans deux fosses septiques d'une capacité utile totale de 500 mètres cubes, puis elles se déverseront par intermittence, au moyen de siphons automatiques spéciaux, sur des lits percolateurs d'une surface de 500 mètres carrés. L'effluent épuré traversera un bassin de décantation de 100 mètres où finalement les eaux se clarifieront avant qu'elles soient rejetées dans l'égout pluvial qui les dirigera vers le débouché en Seine. Ce dernier bassin permettrait, d'ailleurs, de faire subir aux eaux, sortant des lits percolateurs, une épuration complémentaire au point de vue microbien, dont l'expérience pourrait montrer la nécessité, au moyen d'un réactif approprié, par exemple au moyen de permanganate de chaux. En cas d'épidémie, notamment, ce bassin serait appelé à fonctionner avec des réactifs particulièrement énergiques. Enfin, une petite fosse septique destinée spécialement à traiter les boues de l'extracteur, et une fosse à boue pouvant recevoir les décharges des dépôts insolubles des fosses septiques, en attendant leur enfouissement, complètent l'installation épuratoire.

La question de l'évacuation des ordures ménagères, qui est à l'étude depuis plusieurs années, sera envisagée après l'établissement du système atmosphérique limiteur à Villeneuve-Saint-Georges. Des essais destinés à consacrer par la pratique les solutions examinées pourront, en effet, être tentés en utilisant partie ou totalité du réseau en vue de ce nouvel objet. Les expériences déjà effectuées sur les réservoirs-limiteurs et sur les canalisations de rues permettent de bien augurer de l'avenir. Grâce à la puissance des chasses, cette nouvelle application du système atmosphérique limiteur peut fournir, du problème de l'évacuation des ordures ménagères, une so-

lution très pratique qu'on ne peut songer à obtenir avec tout autre système d'égouts.

*
* *

La nouvelle station d'épuration de la ville de *Lille* ne représente que l'amorce d'un vaste projet d'assainissement entraînant la réfection totale des égouts. Elle est en voie d'achèvement et permettra d'épurer par le système biologique artificiel, avant leur rejet à la Deûle, les eaux résiduaires du quartier de l'abattoir, y compris celles de l'abattoir lui-même, qui sont les plus polluées.

L'installation, exécutée par M. l'ingénieur sanitaire *Degoix*, comporte une vaste fosse septique en ciment armé, de 200 mètres cubes de capacité, et un lit percolateur alimenté par des réservoirs de chasse intermittente avec réseau de distribution en jets. La planche V montre les dispositifs particulièrement intéressants qui ont été adoptés pour la construction de la fosse septique, en vue d'y retenir le mieux possible les matières non solubilisées.

*
* *

Le projet d'assainissement de *Privas*, tout récemment adopté par le Conseil municipal et approuvé par le Conseil supérieur d'hygiène réalisera également l'épuration par le système biologique artificiel, mais avec filtration des eaux sortant de la fosse septique sur deux lits percolateurs successifs.

Ce projet a été dressé par *M. Chardon* (de *Levallois-Perret*).

*
* *

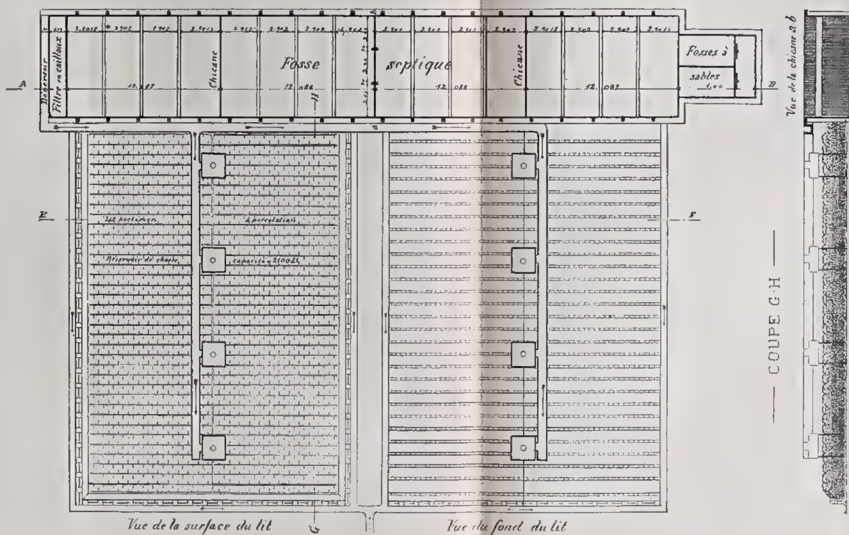
D'autres installations de moindre importance ont été exécutées ou sont sur le point de l'être après avoir fait l'objet de sérieuses études de la part de leurs auteurs. Nous citerons en particulier celle de M. *L. Gaultier*, ingénieur-architecte à Paris, pour *Montpellier*. Les eaux sortant de la fosse septique sont distribuées sur le lit bactérien, non point en surface, mais par des goulottes rangées parallèlement à une faible profondeur sous une mince couche de gros mâchefer. Cette disposition, qui a été adoptée par plusieurs villes anglaises, supprime une

Fosse septique (*capacité volumétrique = 1200 m³*)

COUPE A-B

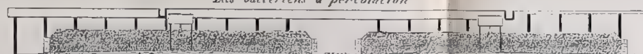


PLAN COUPE C-D



COUPE E-F

Lits bactériens à percolation



Coupe d'un réservoir avec son siphon de chasse.



Planche V. — STATION D'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT DU QUARTIER DE L'ABATTOIR, A LILLE.

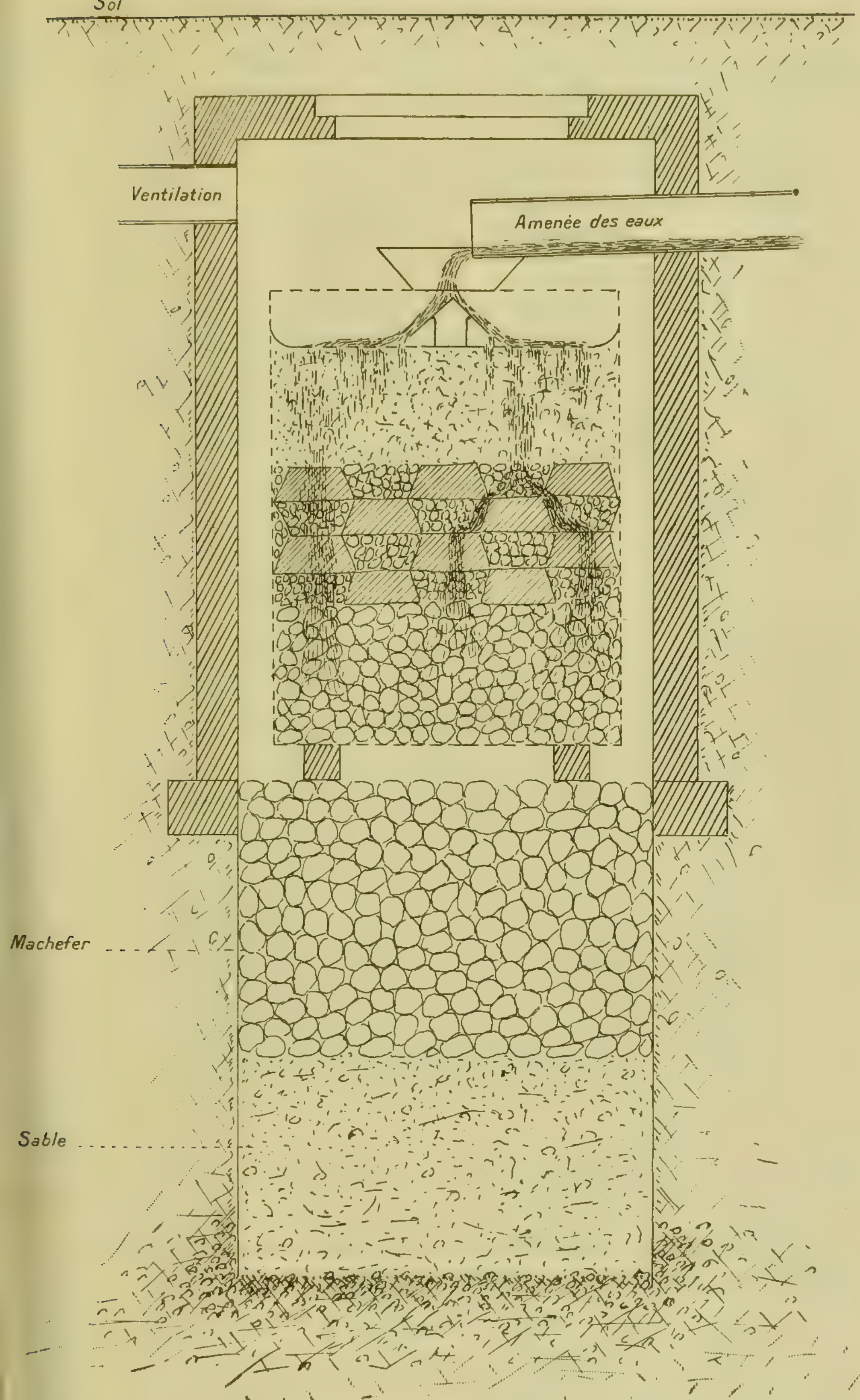


Fig. 14. — Puits nitrificateur absorbant de L. Gaultier.

grande partie des odeurs parfois désagréables que dégagent les lits bactériens. C'est un avantage précieux, surtout pour les pays chauds.

M. *L. Gaultier* continue avec succès sa campagne active, dans les communes rurales, pour la suppression des puisards et pour leur remplacement par son système de puits absorbant nitrificateur qu'il a perfectionné. Son dispositif très simple, dont la figure 14 donne une idée nette, permet aux maisons de campagne qui ne peuvent être desservies par un réseau d'égout d'évacuer leurs eaux-vannes dans le sous-sol en les épurant suffisamment pour qu'elles ne puissent pas contaminer les nappes souterraines.

Ce puits absorbant nitrificateur consiste en une cuve en tôle entièrement perforée et aérée sur tout son pourtour, dont l'intérieur, garni de mâchefer et de tourbe, filtre une première fois les eaux. A leur sortie, celles-ci viennent tomber dans une nouvelle couche de mâchefer et elles traversent ensuite des couches de sable. On évite ainsi le colmatage du fond du puits.

Trop de personnes, peu familiarisées avec l'étude des processus d'épuration biologique, s'imaginent qu'on peut remplacer le puisard par une sorte de filtre. Le Touring-Club de France a indiqué récemment, dans une notice rédigée par sa Commission d'hygiène (Technique sanitaire, juillet 1906, p. 146), un modèle de puisard soi-disant amélioré. Or ce puisard, si l'on s'avisait de le construire, se colmaterait en quelques semaines dans ses parties profondes pour peu qu'on y déverse des eaux savonneuses ou grasses. Il est entièrement à condamner.

Le puisard est toujours un fléau. Si parfaitement absorbant qu'il puisse être, il constitue un danger permanent de pollution pour les nappes souterraines. Mais rien ne peut lui être substitué à la campagne : il faut donc l'aménager de telle sorte qu'il présente le minimum de nocuité. Le puits nitrificateur est, à cet égard, un progrès incontestable.

***

Mentionnons en terminant ce court chapitre, les efforts tentés par le D[r] *Rouchy*, chef du laboratoire de contrôle des

champs d'épandage de la ville de *Paris* au jardin modèle d'*Asnières*, en vue de réaliser l'épuration *continue* des eaux d'égout simplement décantées.

Le Dr *Rouchy* a expérimenté un dispositif auquel il donne le nom de *colonne épuratrice* et qui est constitué par des scories du volume d'un noyau de cerise qui sont enfermées dans un

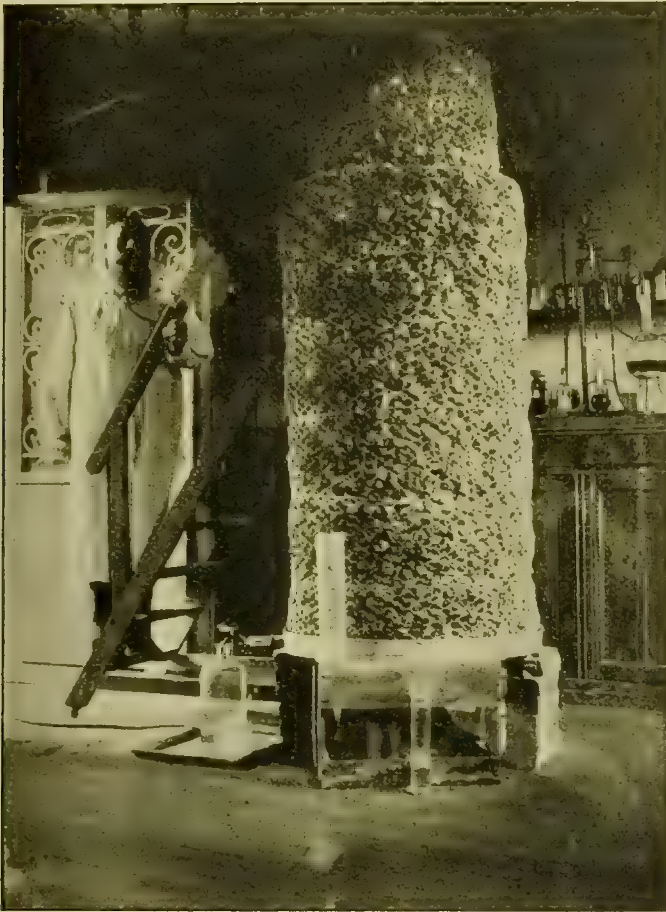


Fig. 15. — Colonne épuratrice continue du Dr Rouchy.

cylindre de toile métallique, le tout reposant sur un bassin de tôle galvanisée, percé d'une ouverture latérale par laquelle l'eau s'écoule après épuration. Ce cylindre (fig. 15 et 16) a 1m,80 de hauteur et 0m,75 de diamètre; une couche de sable de 5 centimètres d'épaisseur est disposée à la surface supérieure des scories; elle empêche le colmatage qui pourrait se former et aide à la distribution uniforme de l'eau.

« L'eau d'égout à épurer doit être admise à s'écouler *conti-*

nuellement et avec un *débit uniforme* dans l'appareil distributeur formé d'un godet en zinc. Celui-ci est percé, sur ses faces latérales, de 8 ouvertures de 1 centimètre de diamètre dans

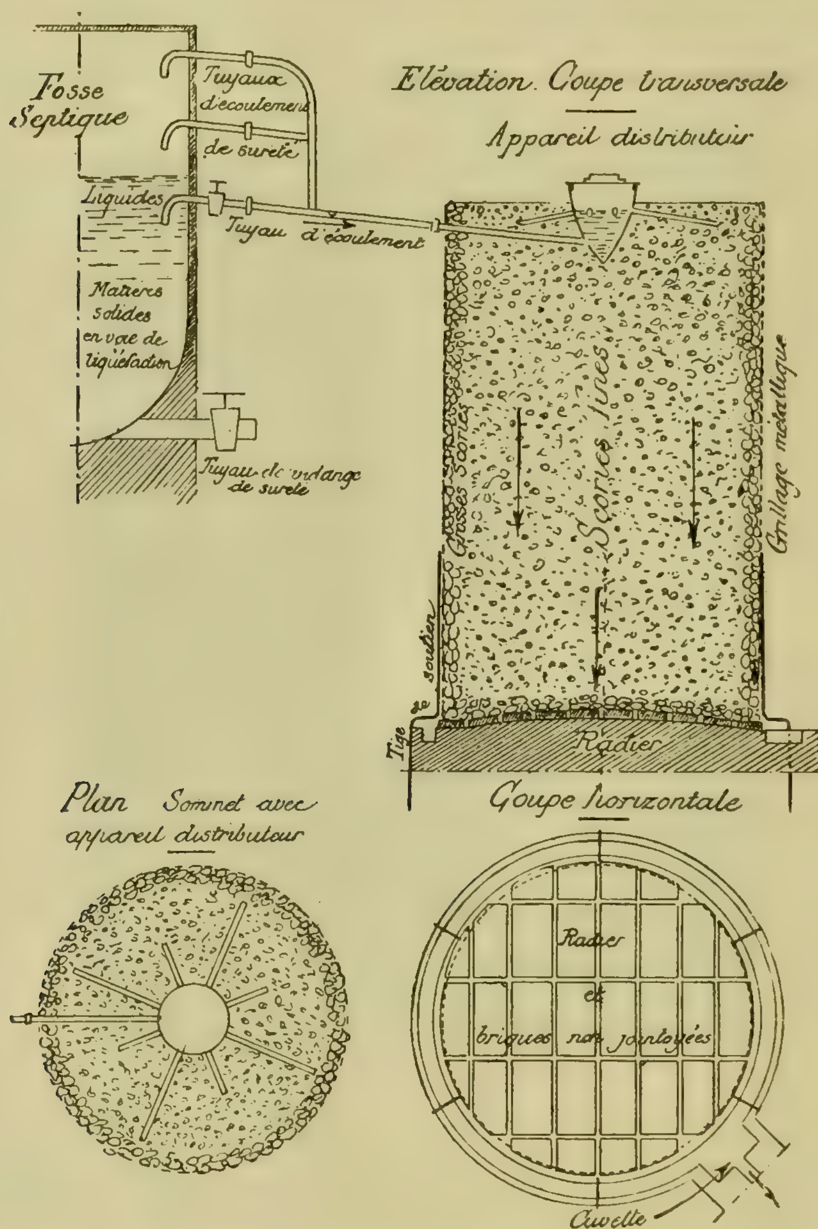


Fig. 16. — Schéma de la colonne épuratrice continue du Dr Rouchy.

chacune desquelles s'engage, avec une légère pente, une gouttière pa r laquelle l'eau se distribue *uniformément* et *très régulièrement* à la surface du sable sur 8 points également espacés les uns des autres. Cette distribution est faite par

égouttement et non par déversement, comme on la fait dans les lits de contact [1]. »

Cet appareil a fonctionné au laboratoire d'*Asnières* dans des conditions satisfaisantes avec un débit de 480 litres par mètre carré et par 24 heures.

Les principes sur lesquels il repose peuvent être appliqués vraisemblablement sans difficultés lorsqu'il s'agit de traiter un faible volume d'eau d'égout préalablement bien décanté. Mais il serait extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, d'assurer la répartition continue avec débit uniforme d'un grand volume d'eau sur des lits bactériens de vastes dimensions.

(1) *Les eaux d'égout de Paris*, thèse de doctorat en médecine, par Ch. Rouchy, Jules Rousset, éditeur, 1907.

CHAPITRE XII

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN ANGLETERRE

RÉSUMÉ
DU CINQUIÈME RAPPORT DE LA COMMISSION ROYALE ANGLAISE PUBLIÉ LE 7 AOUT 1908

La *Commission royale* qui fut instituée par décret de la reine *Victoria* en date du 7 mai 1898 avait pour programme :

1° De déterminer quels procédés de traitement ou d'évacuation des eaux résiduaires urbaines ou industrielles sont susceptibles d'être adoptés pour répondre aux exigences des lois protectrices de la santé publique, tout en sauvegardant les intérêts économiques dont les autorités locales ont la charge;

2° De préciser les conditions d'emploi de ces procédés, suivant la nature ou le volume des eaux d'égout et suivant les différentes circonstances qui peuvent se présenter dans chaque localité.

A l'origine, cette Commission fut composée de neuf membres choisis parmi les plus hautes autorités sanitaires et scientifiques du Royaume-Uni :

Walter Stafford, comte de Iddesleigh, président;
Sir Richard Thorne-Thorne;
Phipps Carey;
Charles Philip Cotton;
Michael Foster;
Thomas Walter Harding;
Thomas William Killick;
Sir William Ramsay.

Par suite du décès et du remplacement de six de ses mem-

bres sur les neuf qui la composaient, le cinquième rapport de ladite Commission, publié en 1908 est signé de :

Comte de Iddesleigh, président ;
T. Walter Harding ;
William Ramsay ;
W. H. Power ;
T. J. Stafford ;
Reginald A. Tatton ;
Et *F. J. Willis*, secrétaire.

Ce rapport établit les résultats comparatifs des diverses méthodes de traitement ou d'épuration des eaux d'égout appliquées ou expérimentées en Angleterre au cours de ces dernières années.

Avant de le rédiger, la Commission a tenu 144 séances et a fait comparaître devant elle, pour recevoir leurs communications ou leurs rapports d'expériences, 239 ingénieurs, chimistes, bactériologistes, délégués de villes ou de sociétés industrielles, etc., intéressés à l'étude du problème de l'épuration des eaux d'égout.

Elle a visité elle-même en outre, à plusieurs reprises, les plus importantes stations d'épuration.

Le rapport commence par affirmer qu'on peut toujours épurer, aussi complètement qu'on le désire, les eaux d'égout des villes, soit par épandage, soit par le traitement biologique artificiel, et qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les deux procédés parce que, dans l'un et dans l'autre, sauf en ce qui concerne la séparation mécanique des matières en suspension, l'épuration est réalisée surtout par les microorganismes.

En conséquence, les deux points essentiels qu'il importe de préciser sont : d'abord, *quel est le degré d'épuration exigible suivant les conditions locales de chaque ville et suivant la qualité des eaux de la rivière ou du fleuve dans lequel l'effluent épuré devra être rejeté*; ensuite *quel est le moyen le plus économique pour obtenir le degré d'épuration désiré.*

Le choix du meilleur dispositif d'épuration dans tel ou tel cas particulier dépendra donc de considérations multiples.

I

TRAITEMENT PRÉALABLE POUR ÉLIMINER LES MATIÈRES EN SUSPENSION

L'expérience prouve qu'avant de soumettre l'eau d'égout à un traitement quelconque (épandage ou épuration biologique), il est généralement plus économique de lui enlever, au moyen de grilles ou de cribles, la plus grande quantité possible de matières en suspension (débris de bois, chiffons, papiers, bouchons, etc.).

On doit en séparer aussi avec le plus grand soin les détritus minéraux tels que scories ou mâchefer, sables, déchets métalliques, et il faut prévoir à cet effet des bassins spéciaux dont la capacité sera tout juste suffisante pour permettre le dépôt des corps lourds, mais non celui des matières organiques entraînées.

Bassins de sédimentation en eau stagnante. — Les expériences de *Leeds* et de *Sheffield* ont montré que, pour ce qui concerne le sewage (eau d'égout) de ces deux villes, la stagnation en repos complet pendant deux ou trois heures dans un bassin suffit à le débarrasser des substances solides en suspension et à produire un effluent convenablement décanté.

Mais aucune règle précise ne permet de déterminer sans essais préalables le temps de repos nécessaire pour obtenir partout le même résultat. Certains sewages très concentrés, tels que ceux qui renferment des résidus de brasserie ou de tannerie en forte proportion, exigent une sédimentation prolongée. Dans tous les cas, la séparation des matières en suspension, par cette méthode, impose l'obligation d'enlever les dépôts de chaque bassin après que ceux-ci ont été remplis deux fois.

Bassins de sédimentation en eau courante. — La méthode de sédimentation en eau courante consiste à faire traverser à l'eau d'égout un ou plusieurs bassins successifs, dans lesquels

la nappe superficielle seule est en mouvement de translation continue du point d'entrée au point de sortie.

Elle nécessite des nettoyages fréquents (au moins un chaque semaine) ou des dispositifs d'évacuation automatique des boues, pour éviter la fermentation septique de celles-ci.

La durée totale du séjour de l'eau dans le ou les bassins peut varier suivant la composition du sewage, de 4 à 15 heures.

Les bassins de sédimentation, soit en eau stagnante, soit en eau courante, ont l'inconvénient de produire de grandes quantités de boues, dont l'enlèvement et la manutention dégagent des odeurs très offensives. Les odeurs malsaines sont considérablement réduites par l'emploi des *septic tanks* ou *fosses septiques*.

Fosses septiques (Septic Tanks). — Les phénomènes de dissolution des matières organiques en suspension dans le sewage sont connus depuis de longues années, mais il ne semble pas qu'on se soit préoccupé d'en tirer un parti pratique jusque vers 1897, époque à laquelle *M. Cameron*, ingénieur municipal d'*Exeter*, proposa à cette ville l'adoption du *septic tank system*.

On prétendait alors que le *septic tank* solutionnait la question des boues parce que toutes les matières organiques en suspension pouvaient y être solubilisées.

On prétendait également que les microbes pathogènes y étaient détruits.

On affirmait enfin que le sewage préalablement fermenté en *septic tank* était plus facile à purifier par oxydation que le sewage simplement décanté ou traité par les réactifs chimiques précipitants.

On sait aujourd'hui que la première de ces revendications en faveur des *septic tanks* n'est pas absolument exacte : en fait, toutes les matières organiques ne sont pas solubilisables, et la quantité de ces matières qu'un *septic tank* peut dissoudre varie suivant les caractères du sewage, suivant la dimension des bassins par rapport au volume traité, et suivant la fréquence des dragages qui y sont effectués.

Le pourcentage des matières organiques dissoutes pour un

séjour de 24 heures est de 38 pour 100 à *Sheffield*, de 25 pour 100 à *Exeter*, de 30 pour 100 à *Ilford*. Le sewage de cette dernière localité est particulièrement concentré.

On sait également que la seconde revendication relative à la disparition des microbes pathogènes est encore moins justifiée : l'effluent des *septic tanks* est bactériologiquement au moins aussi impur que le sewage brut.

La troisième est également infirmée par les expériences officielles faites par la Commission à *Dorking* avec un sewage domestique de concentration moyenne et dans d'autres localités. Ces expériences prouvent que la fermentation septique ne favorise en aucune manière l'épuration subséquente sur lits bactériens.

Donc, aucun des avantages primitivement attribués aux *septic tanks* ne peut leur être reconnu. En revanche, il n'est pas douteux que la fermentation septique, comme procédé de traitement préliminaire du sewage, soit, dans certaines circonstances. efficace et économique. Elle assure une décantation presque parfaite et elle permet d'éliminer par digestion 30 à 35 pour 100 des matières organiques en suspension dans le sewage brut.

Le fait que l'effluent d'un *septic tank* contient une quantité appréciable de matières en suspension, indique qu'un nettoyage ou un dragage partiel s'impose. Il est toujours plus recommandable de recourir aux dragages partiels assez fréquents, plutôt qu'à la vidange totale du bassin, afin de ne pas y interrompre la bonne marche des fermentations septiques. Les dragages seront faits par temps secs et les boues extraites seront, soit évacuées dans des tranchées et recouvertes de terre, soit séchées à la surface du sol et brûlées.

La *durée* de séjour du sewage en fosse septique est subordonnée aux conditions suivantes :

La décantation et la solubilisation des matières en suspension doivent être aussi complètes que possible.

Le mélange de la masse doit fournir un effluent de concentration moyenne à peu près constante.

Il est impossible de donner des règles générales à ce sujet. car les qualités que devra présenter le liquide sortant des *septic tanks* sont variables suivant les circonstances, princi-

palement suivant la disposition des lits bactériens, suivant la nature et les dimensions des matériaux qui les constituent, etc.

On peut admettre toutefois, comme limite maxima de durée, 24 *heures*, et comme limite minima, 12 *heures*. La dimension des *septic tanks* sera donc calculée de manière à retenir le flot moyen d'une période de 24 heures en temps sec. On se rappellera, d'autre part, que, plus le séjour du sewage en *septic tank* est prolongé au delà du délai optimum, plus les odeurs dégagées par l'effluent sont désagréables, et plus difficile est l'épuration subséquente.

La question de savoir si les *septic tanks* doivent être *ouverts* ou *fermés* est résolue de la manière suivante :

Lorsqu'il s'agit d'éviter les odeurs, il est préférable de les couvrir, mais *la couverture est le plus généralement inutile* et elle peut présenter des dangers par suite de l'accumulation et de l'explosion possibles des gaz.

Il peut quelquefois être avantageux d'interposer, à la sortie des *septic tanks*, des bassins de décantation fine (tels que les *Dortmund*, comme à *Birmingham*) pour retenir les matières fines non encore dissoutes, entraînées dans l'effluent. On évite ainsi le dépôt de ces matières à la surface des lits bactériens.

Dans certains cas, il sera recommandable d'ajouter à l'effluent des *septic tanks*, avant son admission sur les lits bactériens, une très petite quantité de chaux (28 à 33 milligrammes par litre). On pourra alors augmenter considérablement le débit des lits bactériens par mètre carré de surface et par jour, et l'odeur désagréable de l'effluent septique se trouvera presque supprimée. Toutefois, la Commission n'a pas pu étudier l'influence de cette addition de chaux sur une échelle assez vaste pour formuler une opinion nette sur sa valeur.

A *Blackburn*, sur les indications du Dr *R. H. Pickhard*, on ajoute à l'effluent du *septic tank* 14 milligrammes de chaux par litre pour faciliter sa nitrification.

*
* *

Précipitation chimique. — Certains sewages qui contiennent des résidus industriels nécessitent un traitement chimi-

que préliminaire et, même lorsqu'il s'agit des eaux-vannes ménagères, il peut être indiqué dans quelques cas d'en séparer les matières solides au moyen de réactifs précipitants, au lieu de recourir à la fermentation septique.

Les réactifs auxquels on peut s'adresser sont :

La chaux;

La chaux et le sulfate ferreux;

La chaux et le réactif alumino-ferrique;

L'alumino-ferrique seul;

L'alumino-ferrique avec le sang, le charbon et l'argile (procédé ABC);

Le ferrozone;

Le sulfate ferrique.

L'acide sulfurique.

Le réactif *alumino-ferrique* est le plus généralement recommandé lorsqu'il s'agit de traiter les eaux-vannes ménagères.

On peut, d'une manière générale, affirmer que, tant sous le rapport de l'économie que sous celui de l'efficacité, le *sulfate ferrique* permet d'obtenir les meilleurs résultats. Immédiatement après vient le *sulfate ferreux employé avec la chaux.* La *chaux seule* est à rejeter, car il en reste toujours trop en solution, sauf lorsqu'il s'agit d'un sewage acide.

Quels que soient les réactifs choisis, ceux-ci (sauf la chaux) seront employés en solutions et en quantités variables suivant les volumes d'eau d'égout à traiter. Toutefois, dans les petites stations d'épuration, comme ce réglage est très difficile, on trouvera plus commode et plus économique de faire traverser au sewage un panier ou un bassin contenant les réactifs à l'état de blocs solides. La chaux sera utilisée sous forme de *lait de chaux*, car, à l'état d'*eau de chaux*, elle nécessiterait un volume énorme de réactif à mélanger au sewage.

En moyenne, on doit admettre que le coût du traitement chimique s'élève à 7^{fr},90 pour 1000 mètres cubes de sewage.

Or, 1000 mètres cubes d'eaux-vannes ménagères produisent approximativement 546 kilogrammes de boues (pesées à l'état sec); et si nous envisageons un sewage qui contient 0,35 pour 1000 de matières en suspension (auxquelles il faut ajouter 0,05 pour 1000 provenant du réactif), en admettant qu'il reste dans l'effluent précipité et décanté 0,025 pour 1000

de matières en suspension, nous trouvons que le traitement chimique préliminaire séparera :

$$0,35 + 0,05 - 0,025 = 0,375 \ 0/00.$$

Tandis que le traitement par fermentation en *septic tank* du même sewage domestique élimine au moins par digestion 30 pour 100 des matières totales en suspension, et en admettant qu'il reste 0,10 pour 1000 de ces matières dans l'effluent, on trouve que la quantité moyenne de boues laissées dans le *septic tank* est de

$$0,35 - 0,10 - 0,105 = 0,145 \ 0/00,$$

soit 0,145 au lieu de 0,375 pour 1000.

Et comme les boues contiennent environ 90 pour 100 d'eau, on voit que la quantité de ces boues humides à extraire devient par 1000 mètres cubes :

Avec la décantation chimique.	3844 kg.
Avec les *septic tanks*	1454 kg.

On a constaté, d'autre part, que, pour enterrer en sillons 1000 tonnes de boues humides par an (à 90 pour 100 d'eau), il faut pouvoir disposer de 4000 mètres carrés de terre de qualité moyenne. Les surfaces nécessaires pour une station d'épuration ayant à traiter 1000 mètres cubes de sewage par jour, seront donc respectivement :

Avec la décantation chimique.	1401 kg. = 5521 m².
Avec les *septic tanks*.	530 kg. = 2112 m².

Deux hommes seront indispensables pour effectuer, dans le premier cas, le travail des tranchées; tandis qu'un seul suffira dans le second.

Les calculs de la Commission ont permis d'établir comme suit le coût respectif du traitement préliminaire par 1000 mètres cubes, en additionnant tous les frais de réactifs chimiques, de manutention de boues, de curage des bassins et les charges diverses, telles que location de terres, amortissement des constructions de bassins, etc. :

Avec la décantation chimique.	6927 fr.
Avec les *septic tanks*.	3465 fr.
Avec la décantation continue simple (sans précipitation chimique ni *septic tank*	3109 fr.

Et le coût total de chaque système de traitement (y compris les charges de location et d'amortissement) est toujours pour 1000 mètres cubes par jour

	Coût total par an.	Coût total par 1000 mètres cubes.
Pour la décantation chimique. . .	10.082 fr.	27 fr. 62
Pour les *septic tanks* ouverts . . .	7.608 fr.	23 fr. 77
Pour la décantation continue simple (sans précipitation chimique ni *septic tanks*).	8.399 fr.	22 fr. 96

Les conclusions qui précèdent sont basées sur un très grand nombre d'expériences. On peut les considérer comme exactes.

Le choix du mode de traitement préliminaire à adopter dans telle ou telle circonstance sera donc basé sur les conditions économiques locales et sur la nature des eaux d'égout. Lorsqu'il s'agira d'un sewage particulièrement concentré ou contenant des résidus industriels en abondance, on s'adressera à le *précipitation chimique*. Par contre, lorsqu'on aura affaire à un sewage de concentration moyenne ou faible, la fermentation en *septic tank* ou la *simple sédimentation continue* sera indiquée.

Dans tous les cas, *il est essentiel de n'admettre sur les lits bactériens d'épuràtion qu'un liquide ne contenant plus ou presque plus de matières en suspension et celles-ci doivent être d'autant plus soigneusement éliminées que le matériel employé à la construction des lits d'oxydation est plus fin.*

II

ÉPURATION DU SEWAGE PAR LES FILTRES BIOLOGIQUES ARTIFICIELS

A. Lits de contact. — Nos connaissances sur le mode d'action des lits de contact sont très incomplètes et nous ne savons que fort peu de choses sur les phénomènes biologiques qui s'y accomplissent. Les agents de l'épuration n'y sont pas seulement des *microbes*, mais aussi des *vers*, des *larves*, des *insectes*, etc., et nous n'avons aucune idée du rôle que remplissent les uns par rapport aux autres.

On a remarqué par exemple que, dans certaines stations d'épuration d'eaux d'égout, les *vers* sont particulièrement abondants, tandis qu'ils manquent dans certaines autres.

La théorie généralement admise veut que l'ammoniaque soit fixée sur les matériaux des lits pendant les périodes de contact et oxydée pendant les périodes d'aération, de telle sorte que les nitrites et les nitrates formés sont entraînés pendant le remplissage subséquent. Toutefois, la totalité de l'azote ammoniacal n'est jamais entièrement transformée en nitrite ou en nitrate; il y a toujours perte d'une certaine quantité d'azote à l'état gazeux.

Construction des lits de contact. — On ne doit jamais improviser des lits de contact par simple excavation dans un sol argileux. Cette faute a été commise à *Hey Wood* et à *Oswestry*, et l'on n'a pas tardé à s'apercevoir que l'argile était entraînée dans les matériaux du lit par les mouvements de la masse liquide, et, au bout de peu de temps, les tuyaux de drainage en furent complètement obstrués.

En principe, il est toujours préférable de les construire en maçonnerie, avec une sole cimentée, imperméable, pourvue d'une pente suffisante pour assurer l'évacuation totale des eaux en une heure au plus, par une ou plusieurs vannes de sortie en relation avec le drainage.

Les canaux d'alimentation seront toujours pourvus de déversoirs mesureurs, afin qu'on puisse se rendre compte de la perte de capacité des lits, tant au second qu'au premier contact.

Profondeur des lits. — L'expérience montre que, dans les limites habituelles, la profondeur d'un lit de contact ne joue aucun rôle sur sa capacité d'épuration par mètre cube.

Il n'est généralement pas recommandable de leur donner une profondeur plus grande que $1^{m},50$ ni moindre que $0^{m},75$.

Pour qu'un lit de contact soit convenablement drainé, il est nécessaire que le fond soit constitué par des gros matériaux, et l'épaisseur de ceux-ci, y compris l'espace occupé par les drains, doit être de 15 centimètres. Le sewage qui s'accumule dans ces gros matériaux, et aussi dans les drains lors de la période de remplissage des lits, n'est pas aussi bien purifié que celui qui est en contact avec les matériaux fins. Il y a

donc intérêt à limiter au strict minimum ces espaces mal utilisables pour l'épuration.

L'accroissement de profondeur des lits de contact a l'inconvénient d'augmenter le poids des matériaux qui pèsent sur les couches inférieures du lit, d'où une cause de désintégration de ces dernières. D'autre part, les difficultés de nettoyage, lorsque celui-ci est rendu indispensable, sont aggravées.

Remplissage et vidange des lits. — Lorsqu'ils doivent fonctionner trois fois par jour, la meilleure périodicité à adopter pour les lits est celle des deux heures de plein (contact) pour quatre heures de vide (aération); mais il ne s'agit pas là d'une règle absolue.

Les périodes doivent, en tous cas, être aussi régulières que possible, car les variations troublent beaucoup les processus d'épuration. On a remarqué, par exemple, que lorsque les durées d'immersion sont prolongées accidentellement pendant cinq ou six heures, un grand nombre de vers viennent grouiller à la surface.

Les opérations de remplissage et de vidange doivent être effectuées aussi rapidement que possible, mais en évitant de provoquer le déplacement des matériaux, ce qui aurait pour résultat de les détériorer.

La distribution du liquide doit être égale sur toute la surface. Pour supprimer les odeurs, il est avantageux de disposer les canaux de répartition un peu au-dessous de celle-ci. Cette disposition nécessite toutefois une plus grande surveillance pour éviter le colmatage.

Valves automatiques. — Il n'est jamais possible de compter sur le fonctionnement régulier des valves automatiques pour le remplissage et la vidange des lits de contact. Toutefois, dans certaines conditions, elles peuvent réaliser une économie appréciable de main-d'œuvre.

Dans les grandes stations d'épuration, l'usage de ces valves automatiques n'est jamais recommandable, parce qu'elles ne s'adaptent pas aux variations de volume ou de concentration du sewage, aux changements d'état des lits, etc.... Il est donc préférable d'utiliser le travail manuel, qui est beaucoup plus sûr.

Les petites installations pourvues d'appareils automatiques

seront toujours surveillées de très près. A cette seule condition seulement, on peut en tolérer l'emploi.

Perte de capacité des lits de contact. — La perte de capacité des lits de contact dépend de plusieurs facteurs qui sont :

1° *La désintégration des matériaux du lit.* — Celle-ci est variable suivant la qualité et la nature de ces matériaux. Les plus durables sont les pierres concassées, puis viennent les scories de hauts fourneaux et les scories ou mâchefers d'usine.

2° *Le tassement des matériaux.* — Il résulte de la désintégration de ces mêmes matériaux et de l'entraînement des menus débris vers les couches profondes.

3° *Les dépôts de matières colloïdales*, qui vont en s'épaississant.

4° *La multiplication des microorganismes.* — Ceux-ci finissent par constituer des masses gélatineuses qui absorbent une grande quantité d'oxygène et dégagent beaucoup d'acide carbonique. Ils jouent le rôle capital dans le processus d'épuration, mais finissent par se multiplier quelquefois en trop grand excès; on est alors obligé de laisser reposer les lits pendant une ou deux semaines.

5° *Le volume exagéré de liquide admis sur le lit.*

6° *L'insuffisance de durée des périodes de repos.*

7° *L'insuffisance du drainage.*

8° *La présence de matières en suspension dans le liquide.*

Les meilleurs moyens d'éviter les pertes de capacité des lits sont :

D'éviter autant que possible l'accès de matières en suspension ou de substances colloïdales sur le lit;

D'utiliser des matériaux peu susceptibles de se désintégrer;

De n'employer que des matériaux de dimensions aussi égales que possible, affectant la forme de cubes ou de sphères;

D'assurer un drainage efficace;

De ne pas faire travailler les lits en excès;

De leur ménager des périodes suffisantes de repos;

De faire en sorte que le remplissage et la vidange ne produisent aucun déplacement des matériaux.

Lorsqu'il arrive que les lits de contact sont colmatés, il devient nécessaire de soumettre à un lavage convenable les

matériaux qui les constituent. On les fait alors passer dans des tamis-cribles cylindriques tournants qui reçoivent un fort jet d'eau à l'intérieur. Ce nettoyage, y compris le criblage et la main-d'œuvre pour la réfection des lits, s'élève à environ 2 francs par mètre cube.

Matériaux filtrants des lits de contact. — Les plus généralement utilisés sont les scories de hauts fourneaux et le coke; mais les briques concassées ou les pierres dures conviennent tout aussi bien. Le choix sera guidé par les circonstances locales. Plus les dimensions des matériaux employés sont petites, plus grande est la surface exposée au contact et plus efficace est l'épuration. Toutefois, la perfection de celle-ci dépend surtout de la large admission de l'air dans toutes les parties du lit pendant les périodes de repos. C'est pourquoi il est essentiel d'avoir un bon drainage et d'assurer la vidange rapide. Or, pour que ces deux conditions puissent être réalisées, il ne faut pas faire usage d'un matériel trop fin.

Il n'a aucunement paru nécessaire de diviser les matériaux du lit en couches d'inégale grosseur. Cela entraîne à des dépenses plus considérables de première installation et d'entretien, sans profit pour l'épuration. Une couche de gros matériaux sur les drains suffit. Pourtant, si l'eau renferme des matières en suspension ou des substances colloïdes en excès, il est préférable de recouvrir le lit d'une couche de fines scories sur 15 centimètres de hauteur.

Quantités de sewage susceptibles d'être traitées sur les lits de contact. — Ces quantités varient suivant la concentration du sewage, suivant la proportion de matières en suspension qu'il contient, suivant la nature et les dimensions des matériaux employés, et selon le degré d'épuration qui doit être exigé dans tel ou tel cas particulier, avec *un*, *deux* ou *trois contacts* successifs.

B. Lits percolateurs. — Le plus souvent, la profondeur des lits à percolation est commandée par les circonstances, selon la hauteur de chute naturelle dont on dispose. Mais, en règle générale, les résultats de l'épuration sont considérés comme d'autant meilleurs que la profondeur ou que la hauteur des lits est plus grande. L'expérience montre pourtant

qu'avec une aération convenable et une bonne distribution, *le mètre cube de matériaux* fournit le même travail, que ces matériaux soient disposés en grande ou en faible épaisseur.

Les trois facteurs importants qui déterminent le débit des lits percolateurs sont :

1° *La nature des matériaux* (à surface polie ou rugueuse) ;

2° *La dimension de ces matériaux* ;

3° *L'état du filtre par rapport aux bactéries et aux organismes* (larves, vers, etc...) *qui s'y développent.*

En ce qui concerne l'influence de la *nature des matériaux*, on a constaté que les meilleurs résultats sont fournis par les matériaux à surface rugueuse et qu'avec une aération convenable le coefficient d'épuration varie avec la durée du temps que met le sewage à traverser l'étendue du filtre.

Pour ce qui est de la *dimension des matériaux*, il a paru évident que les matériaux fins, disposés en moindre épaisseur, assurent une épuration plus parfaite sans périodes de repos que les matériaux plus grossiers en plus grande épaisseur, pourvu toutefois que, dans les deux cas, la distribution soit convenablement assurée.

Mais, d'une manière générale, on peut affirmer qu'un lit percolateur de 1 mètre de profondeur, travaillant avee un débit de x litres par mètre carré et par jour, donnera des résultats équivalents à ceux que pourra fournir un lit de 2 mètres de profondeur recevant $2x$ litres par mètre carré et par jour.

S'il n'y a pas de colmatage, la balance penchera légèrement en faveur du lit épais, parce que, plus l'épaisseur est grande, mieux les erreurs de distribution sont neutralisées. Toutefois la limite de 1 mètre ne devra jamais être réduite.

Dispositif pour la distribution de l'eau sur les lits percolateurs. — L'essentiel pour le bon fonctionnement d'un lit percolateur est d'assurer une distribution aussi régulière que possible du sewage à sa surface, de telle sorte que chaque parcelle de matériaux reçoive une égale quantité d'eau. Les appareils de distribution doivent donc répondre aux conditions ci-après :

1° Distribuer le liquide uniformément sur toute la surface du lit;

2° Ne pas être influencés par les circonstances atmosphériques telles que le vent, la gelée, etc... ;

3° Être susceptibles de s'adapter aux variations de débit du sewage, par conséquent distribuer avec une égale régularité les faibles débits nocturnes et les grands débits diurnes ou les flots d'orage ;

4° Ne pas être influencés du fait de l'obstruction de quelques trous ou orifices par des matières en suspension provenant du sewage ou de l'effluent des *septic tanks* ;

5° Être facilement nettoyables ;

6° Être construits de telle sorte que les parties mobiles du distributeur, en contact avec les parties fines ou avec des organes animés de mouvements différents, soient nettement isolées du liquide qu'ils doivent distribuer.

En choisissant un distributeur il est nécessaire de considérer la pression de l'eau, la force qu'il absorbera et, naturellement aussi, son prix d'achat et d'entretien.

La commission royale en a étudié six types différents (*sprinklers*, *becs pulvérisateurs*, *distributeurs à gouttes de Stoddart*). Elle n'en recommande spécialement aucun et se borne à signaler les défectuosités et les difficultés de réglage des *sprinklers*. Elle indique qu'à *Birmingham* les meilleurs résultats ont été obtenus avec les becs pulvérisateurs que *Watson* a préconisés.

Elle insiste enfin sur ce fait que tous les modes de distribution sur lits percolateurs ont l'inconvénient de dégager de mauvaises odeurs. Cet inconvénient est d'autant plus manifeste que l'eau est plus énergiquement projetée ou pulvérisée au-dessus du lit (*becs pulvérisateurs* et *sprinklers*). Il est réduit au minimum avec les systèmes qui répartissent l'eau très près de la surface du lit ou immédiatement sur celle-ci.

Recommandations spéciales pour l'établissement des lits percolateurs. — Il est toujours recommandable de disposer les lits percolateurs de manière à pouvoir interrompre le fonctionnement d'une partie d'entre eux. Dans les petites installations, où la totalité du sewage doit être traitée sur un seul lit alimenté par exemple par un sprinkler, lorsque celui-ci est arrêté par suite d'accident ou pour cause de réparation, on est

réduit à évacuer le liquide non épuré, à moins qu'on ne puisse le diriger sur un champ d'épandage.

L'expérience montre qu'il est indispensable d'aérer largement les faces latérales des lits percolateurs et qu'il est contre-indiqué de les enfermer dans des murs ou de les diviser en secteurs séparés.

Lorsqu'on fait usage de *sprinklers* il faut pouvoir disposer de trois de ces appareils au moins, pour permettre leur nettoyage et assurer la non interruption du travail pendant les périodes de repos.

Il arrive parfois que le développement exagéré de zooglées microbiennes, de masses gélatineuses, de champignons, etc... à certaines époques de l'année (particulièrement à la fin de l'hiver et au printemps) colmate la surface des lits percolateurs. En arrosant alors les lits ainsi colmatés avec une solution de soude caustique à 20 pour 100, on les remet à neuf. On obtient un résultat moins parfait, mais assez satisfaisant, avec une solution de sulfate de cuivre à 20 pour 100 ou avec un mélange de sulfate de cuivre et de lait de chaux.

Coût comparé des lits de contact et des lits percolateurs.

Prix du traitement de 1000 mètres cubes d'eau d'égout par jour et par temps sec (y compris intérêts et amortissements).

MODE de TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE	LITS BACTÉRIENS DE CONTACT			LITS BACTÉRIENS A PERCOLATION		
	Traitement préliminaire	Lits bactériens	TOTAL	Taitement préliminaire	Lits bactériens	TOTAL
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Traitement chimique avec décantation intermittente.	19,15	12,05 (un seul contact)	31,20	19,15	8,55	27,70
Traitement chimique avec décantation continue. . .	17,10	17,80	34,90	17,10	10,00	27,10
Simple décantation intermittente.	10,90	25,20	36,10	10.90	11,50	22,40
Simple décantation continue.	8,50	30,60	39,10	8,50	14,80	23,30
Fosses septiques.	9,40	30,60	40,00	9,40	14,80	24,20

Les dépenses d'épuration par lits bactériens percolateurs sont donc seulement environ les deux tiers de celles qu'entraîne l'emploi des lits de contact.

Toutefois, lorsqu'on fait subir au sewage un traitement chimique préalable par décantation simple, comme un seul contact peut suffire, le coût de l'épuration devient alors équivalent à celui d'un lit percolateur. Il peut même être un peu moins élevé.

Les dépenses sont naturellement en rapports avec le type d'installation ou de construction choisi.

D'après les calculs de la Commission royale, il faut compter en moyenne pour les lits bactériens à double contact de 1 mètre de profondeur, y compris les matériaux de construction et de garniture, les drains, les canaux de distribution, les appareils mécaniques, etc... sur une dépense de 55 fr. 25 par mètre carré.

Les matériaux de garniture sont alors comptés à raison de 10 francs le mètre cube, mis en place. Mais il arrive souvent que leur prix est beaucoup moindre.

Efficacité comparée des lits de contact et des lits percolateurs. — Pour comparer les résultats obtenus en différentes localités, la Commission royale a trouvé commode d'adopter une *unité d'épuration*, qui est basée sur l'oxydabilité du sewage et sur celle de l'effluent après traitement, déduction faite pour ce dernier de la quantité d'oxygène qui s'y trouve à l'état de nitrates.

Cette *unité* a été proposée par le *Dr Mac Gowan.*

L'unité de temps admise a été de 24 *heures*: l'*unité de volume* 1 *gallon*, et l'*unité de volume des matériaux filtrants* 1 *yard cube.*

Pour exprimer le nombre d'*unités d'épuration* obtenues avec un lit, on retranche le nombre de parties, en poids, d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 parties de l'effluent de ce lit, du nombre de parties, en poids, d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 parties du liquide arrivant sur le lit. Les chiffres ainsi obtenus sont multipliés par le nombre de gallons d'eau d'égout (par yard cube de matériaux) passant sur le lit en 24 heures.

La détermination de la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique étant une opération longue et délicate, *Mac Gowan* a proposé la formule suivante pour calculer les *unités d'épuration* :

(Az. ammoniacal + Az. organique) $\times$ 4,5 + (substances volatiles des matières en suspension) $\times$ 2 — (Az. nitrique) $\times$ 3.

Soient : A le nombre de parties d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 d'eau brute;

B le nombre de parties d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 100000 d'eau épurée;

n la nombre de gallons d'eau épurée par yard cube de matériaux. On a :

$$\text{Coefficient de pollution, } C = (A - B) \times n.$$

On peut transformer cette formule pour l'usage des unités de mesures françaises :

Soient : A′ le nombre de milligrammes par litre d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 1 litre d'eau brute;

B′ le nombre de milligrammes par litre d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique de 1 litre d'eau épurée;

n' le nombre de mètres cubes d'eau épurée par mètres cubes de matériaux. On a :

$$\text{Coefficient de pollution, } C = \frac{(A' - B') \times n}{5,94 \times 10}.$$

Les deux valeurs de C seront égales.

Conclusions générales relatives aux lits de contact et aux lits percolateurs. — 1° La quantité d'eau d'égout susceptible d'être épurée par mètre cube de lit de contact ou de lit percolateur varie à peu près en sens inverse de la concentration du sewage traité. On suppose, bien entendu, que la dimension des matériaux de chaque lit est adaptée aux caractères du sewage traité et que ces matériaux sont disposés en épaisseur convenable pour assurer le maximum d'efficacité.

2° Si l'on tient compte de la perte progressive de capacité des lits de contact, il faut admettre qu'*un mètre cube de matériaux disposés sous forme de lit percolateur épure généralement*

environ deux fois plus de sewage qu'un mètre cube des mêmes matériaux en lits de contact;

3° Lorsqu'il s'agit de sewage contenant des substances capables d'exercer une action inhibitrice sur les microorganismes, les deux types de lit semblent alors fournir un travail équivalent. Mais ce point n'est pas encore bien établi;

4° Les lits percolateurs sont mieux adaptés aux variations de flot que les lits de contact;

5° Les effluents des lits percolateurs sont d'ordinaire mieux aérés que ceux des lits de contact et sont de composition chimique plus constante, tandis que le premier flot qui s'écoule au moment où l'on vide un lit de contact est toujours beaucoup plus impur que ne l'est la moyenne de l'effluent de ce même lit;

6° Les risques de gêne par les odeurs sont plus grands avec les lits percolateurs qu'avec les lits de contact;

7° On a constaté enfin que certains lits percolateurs, principalement ceux qui sont construits avec de gros matériaux, donnent lieu à un développement souvent exagéré de mouches. Pendant les mois chauds de l'année on y voit pulluler des *Psychodidœ* qui, bien qu'apparemment écloses dans les lits, envahissent en grand nombre les habitations voisines.

III

ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT PAR LE SOL

On ne saurait mettre en doute qu'un sol approprié et suffisamment étendu soit parfaitement efficace pour oxyder les matières organiques contenues dans le sewage. C'est là un fait connu depuis longtemps.

Mais, pour se faire une opinion sur la valeur respective du sol comme agent d'épuration et des autres procédés biologiques, la *Commission royale* a jugé nécessaire d'étudier systématiquement le travail de plusieurs stations d'épandage, en particulier celles du *camp d'Aldershot*, de *Croydon* (*Beddington*), de *Nottingham*, de *Cambridge*, de *South Norwood*, de *Leicester*,

d'*Altrincham* et de *Rugby*. L'enquête a porté sur une période de plus de deux années.

*
* *

COMPARAISON DES EFFLUENTS DES TERRAINS D'ÉPANDAGE AVEC CEUX DES LITS ARTIFICIELS. — Jugés par l'analyse chimique, les deux sortes d'effluents possèdent les mêmes qualités.

Pour les 8 stations d'*épandage* observées, le taux moyen d'épuration, calculé d'après la méthode de *Mac Gowan* dont il a été parlé ci-dessus, est d'environ 98 *pour* 100.

Pour 7 stations d'*épuration biologique par lits de contact*, le taux moyen, calculé d'après la même méthode, est de 93,4 *pour* 100.

Pour 6 stations pourvues de *lits percolateurs*, ce taux est de 99,4 *pour* 100.

D'une manière générale, les effluents provenant des lits artificiels, tels qu'ils ont été construits jusqu'à présent, sont moins parfaitement épurés que ceux des bons terrains d'épandage où l'on ne traite, comme à *Nottingham*, pas plus de 120^{m3}, 4 *par hectare et par jour*. Mais les effluents de terrains argileux sont le plus souvent de qualité très inférieure. La *Commission royale* estime qu'avec certains sols, le danger de laisser échapper vers les nappes souterraines une proportion plus ou moins grande de sewage non purifié est plus grand que dans le cas des lits artificiels.

Caractères bactériologiques des effluents. — Au point de vue bactériologique, le traitement du sewage sur le sol peut, dans les conditions favorables, réduire considérablement le nombre des bactéries. Cette réduction varie de 94 à 99 pour 100. Mais le Dr *Houston* a montré qu'elle ne signifie pas grand'chose parce que les espèces microbiennes dangereuses ou suspectes qui persistent dans l'effluent sont relativement en grand nombre.

Volume du sewage épurable par le sol. — En règle générale il faut admettre que, sur les meilleurs sols, on doit traiter au maximum 326 *mètres cubes par hectare* et par jour (ce qui correspond à 1000 habitants), après traitement préliminaire, c'est-à-dire après séparation par précipitation chimique ou par décantation, ou par fosses septiques, des matières en suspension dans l'eau d'égout.

Épuration par le sol.

Quantités d'eaux traitées par hectare en mètres cubes.

STATIONS	NATURE DES EAUX	NATURE		MÉTHODE DE TRAITEMENT	VOLUME PAR JOUR	VOLUME PAR AN	OBSERVATIONS
		DU SOL	DU SOUS-SOL				
Aldershot (Camp). .	Domestiques.	Sable.	Sable.	Grilles, sédimentation, filtration.	95,0	53.945	Les eaux sont très chargées. On obtient un haut pourcentage d'épuration, mais la surface est trop restreinte.
Altrincham	*Id.*	Tourbe.	Sable et gravier.	*Id.*	257,6	94.170	Avec un plus faible volume d'eau par hectare, les résultats seraient probablement bons.
Cambridge.	*Id.* (principalement)	Glaise sableuse.	*Id.*	*Id.*	340,5	124.285	Les effluents sont ordinairement bons, mais le volume traité est trop élevé.
Croydon (Beddington).	*Id.*	Glaise graveleuse.	*Id.*	Grilles et partie irrigation, partie filtration.	96,4	35.176	Avec la méthode adoptée le volume d'eau traité est trop fort, mais avec la surface employée, on pourrait obtenir de bons résultats par filtration seule.
Leicester.	3/4 domestiques. 1/4 industrielles.	Argile.	Argile.	Grilles, sédimentation et filtration combinées.	60,1	21.956	On traite un volume un peu trop fort pour obtenir des effluents très épurés.
South Norwood . .	Domestiques.	*Id.*	Argile de Londres.	Grilles, sédimentation, irrigation de surface.	44,8	16.352	*Id.*
Nottingham	4/7 domestiques, 3/7 industrielles.	Argile sableuse.	Gravier et sable.	Grilles et filtration.	120,4	45.946	Les analyses chimiques indiquent des effluents très épurés.
Rugby.	Domestiques (principalement).	Glaise.	Argile compacte.	Grilles, précipitation chimique, décantation, irriga-filtrat. combinées.	95,2	34.758	Le volume traité est trop grand pour obtenir des effluents très épurés.

Pour les sols de mauvaise qualité, tels que les sols argileux, on ne peut pas dépasser 32^{m3},6 *par hectare*.

Décantation préliminaire du sewage avant épuration par le sol. — Il est toujours avantageux de séparer par une bonne décantation les matières en suspension du sewage avant d'envoyer celui-ci en irrigation. On évite ainsi les inconvénients qui résultent de la décomposition de ces matières à la surface du sol.

Pertes d'azote pendant l'épuration par le sol. — Le principal élément fertilisant du sewage est l'ammoniaque qui est produit par la fermentation de l'urée des urines. Mais il faut aussi tenir compte des composés azotés organiques qui s'y trouvent en petite quantité, ainsi que des phosphates et des sels de potasse. Dans les procédés biologiques artificiels, des quantités variables d'azote provenant de l'ammoniaque et d'autres composés disparaissent : une partie de cet azote passe à l'état gazeux, une autre partie est assimilée par les organismes microscopiques, les vers, les mouches, etc.... Le reste est converti (lorsque l'épuration est en bonne marche) en nitrates.

Le tableau ci-après indique, d'après les expériences faites par la *Commission royale*, les proportions d'azote qui sont ainsi perdues lors du traitement des eaux d'égout soit sur les lits bactériens, soit sur le sol. Mais, dans le dernier cas, une part de cet azote disparu a été utilisée par les plantes.

Pourcentage d'azote du sewage disparu pendant le processus d'épuration.

	Environ 0/0.
Irrigation ou filtration par le sol.	60 (de 40 à 75).
Traitement par lits percolateurs.	40 à 50.
Traitement par fosses septiques et lits de contact	40 à 45 (un seul contact). 40 à 50 (double contact).
Traitement par fosses septiques et lits percolateurs	30 à 40 (au moins).

Il n'existe malheureusement aucune méthode économique permettant d'extraire les nitrates d'un effluent épuré, autrement que par l'intermédiaire des plantes. Par conséquent, si les effluents biologiques artificiels ne sont pas utilisés en irrigation, mais sont rejetés dans les cours d'eau, il en résulte évidemment une perte regrettable qu'on ne peut pas éviter.

L'irrigation agricole est-elle dangereuse pour la santé? — Il n'en a été fourni jusqu'à présent aucune preuve, du moins pour ce qui concerne les champs d'épandage bien aménagés. Toutefois, on ne saurait tolérer l'usage de l'eau de puits creusés au voisinage de tels champs, sauf dans les cas où la nappe qui alimente ces puits est assez profonde et assez bien protégée contre les infiltrations de surface pour qu'aucune contamination ne soit à craindre par quelque fissure. Les terrains calcaires doivent toujours être considérés comme dangereux à ce point de vue.

*
* *

Cout de l'épuration par le sol. — Les sols et sous-sols à considérer peuvent être divisés en trois classes principales :

Classe I. — Toutes espèces de sols et de sous-sols de bonne qualité, c'est-à-dire *argile sableuse* avec sous-sol de *sable* et de *gravier*.

Sous-classe a. — Filtration avec culture ;
Sous-classe b. — Filtration avec peu de culture ;
Sous-classe c. — Irrigation de surface avec culture.

Classe II. — Terres fortes avec sous-sol argileux :
Irrigation de surface avec culture.

Classe III. — Terres argileuses compactes avec sous-sol d'argile également compacte :
Irrigation de surface avec culture.

Bilan de l'épuration par le sol.

	QUANTITÉ D'EAU D'ÉGOUT susceptible d'être pratiquement épurée PAR HECTARE ET PAR AN	POUR 1000 M³ PAR JOUR PAR TEMPS SEC	
		Surfaces	Prix
	m³.	hect.	fr.
Classe I, *Sous-classe a*)	48.700	7,4860 (¹)	16,85
— *b*)	102.500	3,5647	12,81
— *c*)	18.300	12,9222	20 »
Classe II	20.500	17,8237	28,70
Classe III	4.540	73,8185	59,64

(¹) Ces surfaces sont suffisantes pour traiter les eaux par temps de pluie lorsque leur volume n'excède pas trois fois le volume fourni par temps sec.

Bénéfices de culture. — Dans le traitement des eaux d'égout par irrigation, une partie des frais est compensée par les bénéfices de culture. Le montant de ces bénéfices varie pour les différentes exploitations, mais la *Commission royale* a calculé, d'après l'étude de 13 fermes, que, déduction faite du coût du travail cultural, il pourrait s'élever à environ 92 *fr.* 75 *par hectare moyen.*

* * *

Comparaison du coût total (déduction faite des bénéfices de culture pour l'irrigation culturale) de l'épuration par le sol ou par les filtres biologiques artificiels.

Les chiffres qu'indique le tableau ci-après sont, bien entendu, relatifs et sujets à de nombreuses variations suivant les circonstances locales. Ils ne valent que comme termes de comparaison entre les divers systèmes.

Prix comparatif de l'épuration des eaux d'égout d'une ville de 30 000 habitants (150 litres par tête en moyenne).

MÉTHODE DE TRAITEMENT	COUT TOTAL ANNUEL	COUT PAR 1000 M^3	COUT PAR TÊTE D'HABITANT
	fr.	fr.	fr.
1° *Lits percolateurs.*			
Précipitation chimique, décantation continue et lits percolateurs . . .	44 913,95	27,40	1,50
Décantation continue simple et lits percolateurs.	38 126,55	22,30	1,25
Fosses septiques et lits percolateurs	38 762,15	24,20	1,30
2° *Lits de contact.*			
Précipitation chimique, décantation et lits à un seul contact.	57 865,50	34,90	1,90
Décantation continue simple et lits à double contact	64 921,55	39,40	2,15
Fosses septiques et lits à double contact	66 536,85	40,00	2,175
3° *Irrigation culturale.*			
CLASSE I { *Sous-classe a*)	28 915,10	16,80	0,875
CLASSE I { — *b*)	21 211,75	12 80	0,675
CLASSE I { — *c*)	32 793,50	19,75	1,05
CLASSE II	47 562,05	28,70	1,575
CLASSE III.	65 700,80	37,45	2,15

Si l'on admet qu'une terre réellement convenable peut être achetée au prix de 6000 *francs l'hectare*, le traitement par irrigation est alors probablement moins coûteux que l'épuration biologique artificielle. Mais lorsque le sol n'est pas approprié à l'épuration terrienne, ou lorsqu'on ne peut y traiter qu'un faible volume d'eau d'égout par hectare, le coût du traitement par irrigation devient plus considérable que celui de la plupart des procédés biologiques artificiels.

Les différences de prix ne sont cependant pas telles qu'on doive beaucoup en tenir compte. Le choix entre les deux méthodes sera dicté ou imposé par les conditions locales.

En règle générale, on peut dire que l'eau épurée par un bon terrain d'épandage ne contient plus de matières en suspension, tandis que l'effluent des lits bactériens, même décanté, en renferme toujours. Et cela peut avoir de l'importance pour les déversements dans certains cours d'eau.

IV

TRAITEMENT ET UTILISATION DES BOUES

Le traitement des boues, que celles-ci soient produites par la décantation du sewage avec ou sans précipitation chimique, ou par l'emploi des *septic tanks*, est une des plus graves difficultés de l'épuration, surtout lorsqu'il s'agit de grandes villes. Il en sera probablement toujours ainsi, parce qu'elles renferment trop peu de substances utilisables, mais surtout de l'eau et des matières minérales avec un peu de cellulose.

Conversion des boues en engrais. — Les expériences de conversion des boues en engrais qui ont été faites, pour la *Commission royale*, par le *Board of Agriculture* et par *The Royal Agricultural Society*, de 1905 à 1907, ont montré qu'unité pour unité, l'azote et le phosphate de ces boues sont moins utilisés par les cultures, toutes circonstances étant égales d'ailleurs, que les mêmes éléments employés sous la forme habituelle des engrais chimiques. Jugé à ce point de vue, le prix des boues, nommées en Angleterre *guano indigène*, est supérieur à leur valeur réelle.

A *Glascow* (*Dalmarnock*), on a employé le procédé *Melvin* pour la fabrication du « *globe fertiliser* » qui n'est autre chose que la boue obtenue par précipitation du sewage au moyen de la chaux et du sulfate ferrique. Cette boue, séchée à 65-70 degrés, est passée dans un moulin à farine. Elle en sort à l'état de poudre brune dont la composition moyenne est la suivante :

Humidité	22,51 0/0
Matières volatiles au rouge	33,98 0/0
Matières fixes	43,51 0/0
	100,00 0/0

Les matières fixes sont constituées par :

Cendres	10,75 0/0
Oxyde de fer et d'alumine	13,42 0/0
Chaux	12,09 0/0
Potasse (soluble dans HCl)	0,10 0/0
Acide phosphorique	1,11 0/0
Phosphate tribasique de chaux	2,42 0/0
Azote total	1,50 0/0

Le coût de fabrication de cet engrais est de 12^{fr},50 par tonne. L'économie réalisée par sa vente sur le coût de l'épuration est d'environ 5 francs pour 1 000 000 de gallons, soit 4 540^{m3} d'eau traitée. L'écoulement du produit est assez facile autour de *Glascow* jusqu'à présent.

Évacuation des boues en mer. — Il n'y a cependant aucun doute que pour les villes situées près de la mer, le moyen le plus économique de se débarrasser des boues est de les transporter au large, au moyen de chalands ou de navires spécialement aménagés à cet effet. On doit seulement s'assurer alors qu'il n'en résultera aucun inconvénient pour les environs immédiats du lieu de déversement, ni pour les parcs à huîtres ou à coquillages qui pourraient se trouver dans le voisinage. Ce mode d'évacuation des boues est employé à *Londres*, *Glasgow*, *Dublin*, *Manchester*, *Salford* et *Southampton*. Les dépenses qui en résultent varient suivant les distances.

Par tonnes de boues fraîches (90 pour 100 d'eau en moyenne) ces dépenses sont :

0 fr. 455 à *Londres*.
0 fr. 54 à *Glasgow*.
0 fr. 994 à *Manchester*.
1 fr. 690 à *Southampton*.

Boues comprimées. — Sous cette forme, beaucoup de villes

trouvent à se débarrasser de leurs boues de précipitation chimique au prix de 0,60 par tonne. Pour passer les boues aux filtres-presses, on les additionne généralement de 0,5 à 1 pour 100 de chaux sous forme de lait. Les tourteaux obtenus ne contiennent plus que 50 à 65 pour 100 d'eau, au lieu de 90 pour 100 que renfermaient les boues fraîches. Ce mode de traitement coûte environ de $2^{fr},50$ à $6^{fr},25$ par tonne de tourteaux produits, suivant la nature des boues, la quantité de chaux ajoutée et l'importance de l'exploitation. La chaux a pour effet d'agglomérer les matières.

Le pressurage des boues, sauf pendant les mois très chauds, peut s'effectuer sans dégagement d'odeurs trop nauséabondes pourvu que le local soit bien ventilé et isolé de toute habitation.

Enfouissement des boues dans le sol. — Ce procédé consiste à déposer les boues liquides dans des tranchées en forme de V, larges de $0^{m},60$, profondes de $0^{m},50$, qu'on recouvre aussitôt de terre. On les laisse sécher et, lorsqu'elles sont incorporées au sol, on laboure celui-ci et on le livre à la culture.

C'est un excellent moyen à recommander, surtout pour l'évacuation des boues de fosses septiques qui sont à peu près dépourvues d'odeur. Le remplissage des tranchées doit toujours être effectué par temps sec et les tranchées creusées plusieurs semaines d'avance afin que la terre soit aussi sèche que possible.

Il faut compter que 1000 tonnes de boues liquides nécessitent une surface variant de 40 à 120 ares suivant que le sol est très perméable, médiocrement perméable ou très argileux.

A *Birmingham*, le coût total comprenant la main-d'œuvre, le pompage, l'amortissement et la location des terres est d'environ 5 francs par tonne de boue à 90-95 pour 100 d'eau. On en évacue ainsi de 60 à 80 000 tonnes par an

A *Guilford*, on enfouit annuellement de la même manière 18 720 tonnes de boues avec une dépense moyenne de $6^{fr},45$ par tonne.

Simple dessiccation à l'air en « lagunes ». — Dans certains cas on préfère creuser simplement dans le sol un bassin dont le fond, drainé par des tuyaux, est garni d'une couche plus ou moins épaisse de mâchefer. Les boues liquides y sont déver-

sées et y restent jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment sèches pour être manipulées à la pelle, ce qui nécessite de 2 à 6 mois suivant le temps et suivant la profondeur de la masse. A *Accrington*, les boues ainsi desséchées sont chargées sur des chalands et vendues au prix de 1^{fr},37 la tonne aux bateliers qui les transportent dans les districts agricoles.

L'inconvénient du système est que les étangs de boues dégagent pendant longtemps des odeurs désagréables et qu'ils constituent un danger pour les travailleurs, surtout pour les enfants, exposés à y tomber.

*
* *

Incinération des boues. — On a fait beaucoup d'essais en vue de brûler les boues de sewage, soit seules, soit mélangées avec des ordures ménagères, du charbon, des huiles ou des résines. La plupart de ces tentatives ont échoué, soit à cause des frais que nécessite la dessiccation préalable, soit parce qu'on a voulu traiter directement les boues humides contenant environ 90 pour 100 d'eau. Il est cependant possible de brûler les boues comprimées en tourteaux. A *Ealing*, les boues ainsi comprimées (à 60 pour 100 d'eau) sont additionnées d'ordures ménagères sèches dans la proportion de 1 1/2 à 2 d'ordures pour 1 de tourteau de boue, et brûlées dans un four à ordures.

A *Huddersfield*, les boues de précipitation chimique pressées sont mélangées avec 20 pour 100 de coke et incinérées dans un four *Horsfall*. Le coût total du traitement y compris le pressurage des boues est, par tonne de boues pressées et brûlées, de 6^{fr},40.

*
* *

Substances extractibles des boues. — Le principal exemple de boues dont il est possible d'extraire des substances utilisables est *Bradford*, dont le sewage contient une quantité considérable de résidus de lavage de laines (savons et graisses). Depuis plusieurs années on a expérimenté de nombreux procédés, et M. *J. Garfield*, ingénieur de la ville, est maintenant en mesure de tirer un parti avantageux de ces substances dont la valeur vient en déduction des frais d'épuration.

Le débit des égouts par temps sec est, à *Bradford*, de 59 000^{m3} par jour, dont la moitié est constituée par des eaux résiduaires industrielles et 20 pour 100 par des eaux de peignages de laine.

Le procédé utilisé est le suivant : le sewage passe à travers des bassins de décantation où il abandonne environ 7^{m3},164 de dépôt par jour, puis à travers des grilles. On lui ajoute ensuite de l'acide sulfurique en quantité telle que le liquide garde une acidité de 0,10 pour 1000 en So^4H^2. Le sewage acide se rend alors dans d'autres bassins de dépôt, disposés en séries. Le tableau suivant indique la composition du liquide décanté par rapport au sewage brut :

	Sewage brut.	Liquide décanté.
Matières en suspension	0,84	0,16
Matières en solution	1,81	2,24
Oxygène absorbé en 4 heures	0,17	0,11
Ammoniaque libre	0,03	0,01
Azote albuminoïde	0,02	0,01

Les boues évacuées des bassins de dépôt sont transportées dans des caissons métalliques : on y ajoute une nouvelle quantité d'acide sulfurique, on les chauffe aux environs de 100 degrés avec la vapeur d'échappement des chaudières et on les passe aux filtres-presses sous l'air comprimé. Les filtres-presses sont également chauffés à la vapeur et on y lance alternativement de la vapeur, puis des boues chaudes. Le liquide qui s'en échappe consiste en eau et graisses : on le conduit dans des récipients spéciaux où la graisse se sépare; après quoi celle-ci est bouillie avec de l'acide et de l'oxyde brun de manganèse pour lui donner des qualités marchandes.

Chaque année on produit environ 100 000 tonnes de boues contenant 80,15 pour 100 d'eau et 7,45 pour 100 de graisses, soit 57,7 de graisses pour 100 de matières sèches.

Les boues comprimées et dégraissées représentent un poids de 20 000 tonnes par an (à 27 pour 100 d'eau). Une partie est brûlée dans un four spécial, l'autre partie est vendue aux cultivateurs à 4^{fr},50 la tonne sur rail.

Pendant 6 mois, en 1907, la dépense totale de la station d'épuration, non compris les frais d'installation et les intérêts,

s'est élevée à 249 000 francs et les recettes provenant de la vente des graisses ont été de 295 150 francs.

*
* *

Cout comparé des différentes méthodes de traitement des boues. — Le coût des différentes méthodes de traitement des boues varie dans une large mesure suivant les circonstances locales. Néanmoins les chiffres ci-après fournissent de bons éléments de comparaison :

Méthode de traitement.	Coût moyen par tonne de boue à 90 0/0 d'eau y compris les intérêts, l'amortissement et toutes charges.
—	—
Évacuation simple sur le sol.	0fr,20
Transport et évacuation en mer	0fr,50
Enfouissement dans le sol, en tranchées.	0fr,50
Compression en tourteaux	de 0fr,60 à 1fr,15
Compression en tourteaux et incinération (non compris l'intérêt et l'amortissement).	1fr,85

Il n'est pas douteux que les boues de sewage ont une valeur réelle comme engrais; mais les matières fertilisantes qu'elles renferment étant nécessairement mélangées à une masse considérable de substances inertes (sable, mâchefer, cendres, etc...), la possibilité de leur utilisation dépend surtout du prix de revient de leur transport à pied d'œuvre.

On doit prohiber l'emploi cultural des boues qu'on soupçonnerait pouvoir contenir des spores de bactéridies charbonneuses. Ce cas est exceptionnel d'ailleurs (eaux résiduaires de tanneries, de peignages de laines).

V

ODEURS DÉGAGÉES PAR LES STATIONS D'ÉPURATION

Toutes les stations d'épuration d'eaux d'égout sont susceptibles de dégager des odeurs désagréables : il faut en conséquence les éloigner des habitations, autant que possible.

Les odeurs sont beaucoup plus fortes lorsque le sewage contient des résidus de brasseries en assez grande quantité.

Par contre, certains résidus industriels, tels que les sels de fer facilitent les processus d'épuration.

Les odeurs sont en rapport, non seulement avec la composition du sewage, mais aussi avec le mode de traitement adopté.

« *Septic tank* ». — L'emploi des *fosses septiques* est plus offensif à cet égard que la précipitation chimique ou que la sédimentation simple. Lors de l'évacuation des boues, tous les bassins sont malodorants, mais les fosses septiques dégagent de l'hydrogène sulfuré en tout temps.

Si l'on couvre les fosses septiques et les canaux qui alimentent les lits bactériens, on diminue considérablement les odeurs; mais les liquides fermentés renferment alors une plus grande proportion de gaz sulfurés et leur épuration ultérieure est rendue plus difficile.

Lits bactériens. — Les odeurs dégagées par les lits bactériens sont plus fortes lorsque l'eau est distribuée à leur surface par des becs pulvérisateurs ou des jets que lorsqu'elle est simplement déversée en pluie d'une faible hauteur, ou en lames minces. Aussi les lits percolateurs sont-ils, à ce point de vue spécial, plus « offensifs » pour l'odorat que les lits de contact.

Les sewages concentrés et ceux qui contiennent des résidus de brasserie ou de tannerie sont les plus odorants.

Il arrive parfois que certains lits bactériens dégagent des odeurs plus désagréables lorsqu'ils ont fourni un travail excessif. Il suffit alors de les laisser reposer pendant quelques jours et, lorsqu'on les remet en fonctionnement, les odeurs ne reparaissent pas.

A *Ilford* et à *Andover*, on a couvert avec des scories, sur une faible épaisseur, les tuyaux de distribution de l'eau à la surface des lits. Les odeurs ont été fortement réduites par cet artifice simple.

Épandage sur le sol. — Lorsque le sol est très perméable et que l'épandage n'est pas excessif, celui-ci n'est, en général, pas offensif. Mais, avec certains états atmosphériques, nombre de champs d'irrigation produisent de fortes odeurs. Aussi est-il nécessaire de les éloigner le plus possible des endroits habités.

Désodorisation des effluents de fosses septiques. — L'emploi des fosses septiques suivi de celui de lits percolateurs est, dans certains cas, le mode de traitement le plus économique; mais lorsque le liquide à épurer est très odorant et que ces odeurs constituent une gêne réelle pour le voisinage, on réussit à corriger cet inconvénient dans une large mesure par l'addition d'une petite quantité d'*hypochlorite alcalin.* On peut fabriquer ce dernier sur place par électrolyse et il existe en Angleterre un procédé pratique à cet effet, connu sous le nom de « *Oxychlorides, Limited* ».

Des expériences faites par la Commission à *Guildford* pendant plusieurs mois, sous la direction de *M. Carter*, ont montré que les hypochlorites, ajoutés à doses suffisantes pour supprimer toute odeur d'hydrogène sulfuré, ne diminuent en rien l'activité des lits bactériens.

La Compagnie des « *Oxychlorides* » a fourni les indications ci-après, relatives aux frais de désodorisation des liquides sortant des « *septic tanks* » par addition d'oxychloride fort :

Quantité d'oxychloride ajoutée par 1000 m³.	Coût par 1000 m³.
60 litres.	2fr,54
84 —	3fr,34
120 —	4fr,94

Le capital de premier établissement est le même dans chaque cas. Pour le sewage de *Guildford* il a été de 50 500 francs.

Certains sewages peuvent être suffisamment désodorisés par l'addition de 43 milligrammes de chaux par litre. C'est une question d'espèce. On essayera donc dans chaque cas les réactifs qui paraîtront les plus convenables.

VI

TRAITEMENT SPÉCIAL DES EAUX D'ORAGE

Les règlements adoptés par le *Local Government Board* édictent que les installations d'épuration doivent pouvoir traiter normalement un volume d'eau d'égout trois fois plus

grand que celui produit en temps sec, et que, lorsque le volume normal de temps sec devient de trois à dix fois plus grand, le surplus de 3 à 6 doit être filtré sur des lits d'orage.

La Commission estime que ces règlements sont à modifier parce qu'ils ne sont pas suffisamment élastiques. Elle trouve que les dommages causés aux rivières par la décharge de masses importantes d'eaux d'orage résultent surtout de la quantité excessive de matières en suspension que ces masses d'eaux entraînent et qu'il est facile de séparer les matières dont il s'agit par une simple sédimentation.

Elle recommande donc, d'une manière générale :

1° De prévoir l'installation de deux ou d'un plus grand nombre de bassins susceptibles de recevoir l'excès d'eaux d'égout qui dépasse la capacité des fosses septiques ou des bassins de sédimentation ordinaires. Ces bassins, maintenus vides en temps normal, pourront retenir une masse d'eau d'égout au moins égale à 3 fois le débit moyen en temps sec.

2° Qu'aucun déversoir ne soit installé en aucune partie de la station d'épuration, hormis ceux qui doivent évacuer l'eau vers les bassins supplémentaires dont il est question ci-dessus.

3° Qu'autant que possible on ne construise pas de lits spéciaux d'orage, mais qu'on agrandisse suffisamment la station d'épuration pour qu'elle puisse traiter normalement la totalité du sewage qui doit être épuré, c'est-à-dire jusqu'à 3 fois le volume moyen en temps sec.

*
* *

Pollution des estuaires et des plages. — La nécessité de protéger les pêcheries et les parcs à coquillages oblige à empêcher les déversements d'eaux d'égout non épurées dans les estuaires ou au voisinage des plages. Il est toutefois difficile d'édicter des règles précises pour fixer le degré d'épuration exigible. Celui-ci variera suivant les circonstances. Il faut que les autorités sanitaires aient le pouvoir d'imposer à ce point de vue les conditions qu'elles jugeront utiles dans chaque cas.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il est possible d'épurer les eaux d'égout des villes, aussi complètement qu'on le désire, soit par l'épandage sur le sol, soit par traitement sur les filtres artificiels (lits bactériens), et il n'y a aucune différence essentielle entre les deux procédés.

Toutefois lorsqu'on se propose d'adopter un procédé d'épuration il y a lieu de considérer les deux points principaux : 1° le degré d'épuration exigé par suite des circonstances locales et selon la rivière ou cours d'eau dans lequel l'effluent épuré sera rejeté ; 2° comment ce degré d'épuration peut être, dans le cas dont il s'agit, obtenu le plus économiquement.

Élimination des matières en suspension. — Il est généralement désirable d'éliminer de l'eau d'égout, par un traitement préliminaire, la plus grande partie possible des matières en suspension, avant de l'épurer soit sur la terre soit sur les filtres artificiels.

Bassins de sédimentation. — La sédimentation *par repos* d'une durée de 2 ou 3 heures est ordinairement suffisante pour obtenir un effluent débarrassé de la presque totalité des matières en suspension ; mais il faut rappeler que certaines eaux d'égout entraînent une plus grande quantité de matières que les autres ; ces matières se déposent alors incomplètement. On ne peut donc donner aucune règle générale fixant la durée de la décantation. Dans la sédimentation par repos, les boues doivent être fréquemment évacuées des bassins.

Pour la sédimentation avec *écoulement continu*, le dépôt des matières en suspension ne dépend pas seulement de la durée du séjour de l'eau dans le bassin ; il dépend aussi de bien d'autres facteurs. Si l'effluent de ces bassins doit être épuré sur des lits à matériaux fins, la durée sera généralement de 10 à 15 heures. Les boues seront évacuées au moins une fois par semaine.

Fosses septiques. — Toutes les matières organiques en sus-

pension dans l'eau d'égout ne se dissolvent pas dans les fosses septiques. La proportion de ces matières entrant en dissolution varie avec la composition de l'eau d'égout, la capacité des fosses comparativement au volume de l'eau traitée, et la fréquence de l'évacuation des boues. Dans une eau d'égout domestique, séjournant 24 heures en fosse septique, la dissolution est d'environ 25 pour 100.

L'effluent des fosses septiques est bactériologiquement presque aussi impur que l'eau d'égout entrant dans ces fosses.

L'eau d'égout domestique qui a séjourné en fosse septique n'est pas plus facilement oxydée par son passage au travers des lits bactériens que la même eau traitée par précipitation chimique ou par sédimentation.

On ne peut encore donner de règles définitives fixant la durée de fonctionnement des fosses septiques sans évacuation des boues. Dans le cas de petites installations d'épuration (agglomérations de 100 à 10.000 habitants) les boues ne seront évacuées que lorsque les matières en suspension dans l'effluent seront en assez grande quantité pour nuire au fonctionnement des filtres. Dans les grandes installations il est généralement recommandable d'évacuer de petites quantités de boues à de courts intervalles de temps.

La durée d'écoulement des eaux dans les fosses septiques doit être déterminée soigneusement; mais il y aura peu de cas où cette durée devra être de plus de 24 heures ou de moins de 12 heures. Il doit toujours y avoir 2 fosses septiques au moins, et chacune sera disposée de telle façon que, si cela est nécessaire, elle puisse être seule en service.

Pour la dissolution des boues et les qualités de l'effluent, les fosses septiques fermées n'offrent aucun avantage sur les fosses ouvertes. Cependant si la fosse septique et le canal distributeur aux filtres sont couverts, il se répand moins d'odeurs.

Si l'effluent de fosse septique, reçu dans une fosse de capacité égale à environ le quart du volume de l'eau traitée par jour, est traité par 28 à 42 milligrammes de chaux par litre, on réduit considérablement la quantité des matières en suspension dans cet effluent, et un beaucoup plus grand volume d'eau peut être épuré par mètre carré de lit bactérien; de plus, les odeurs sont notablement diminuées.

Précipitation chimique. — Dans le cas d'eaux d'égout contenant certaines eaux résiduaires industrielles, et d'eaux très chargées de villes ayant le tout à l'égout, il est généralement préférable de soumettre les eaux à une précipitation chimique avant d'oxyder la matière organique qu'elle contient. Dans le plus grand nombre des cas la précipitation chimique aide considérablement le dépôt des matières en suspension et facilite la filtration subséquente.

Il ne peut être donné de règles pour la capacité des bassins de précipitation. Avec écoulement continu, une durée d'écoulement de 8 heures est ordinairement suffisante pour obtenir un effluent convenable d'une eau d'égout de concentration moyenne. Pour les bassins de décantation par repos, une durée de dépôt de 2 heures est ordinairement suffisante.

Coût relatif des différents traitements. — S'il n'y a pas de circonstances spéciales exigeant un traitement particulier, il semble qu'il y ait très peu de différence dans le coût annuel entre les différentes méthodes lorsque l'épuration proprement dite est réalisée par les lits bactériens à percolation, et pourvu que le dispositif adopté dans chaque cas soit celui qui convient le mieux au traitement préliminaire considéré.

Lits bactériens. — Dans les limites ordinaires, la profondeur d'un lit de contact n'a aucune influence sur son efficacité par mètre cube de matériaux.

Il n'est généralement pas à recommander de construire des lits de contact d'une profondeur supérieure à $1^m,80$ ou inférieure à $0^m,75$.

Pratiquement, et avec une bonne distribution, la même épuration peut être obtenue avec la même quantité de *gros* matériaux, que ceux-ci soient arrangés en lits à percolation profonde ou peu profonde, si le volume de l'eau traitée est le même par mètre cube de matériaux dans chaque cas.

Pour les lits bactériens à percolation construits en matériaux *fins*, si le liquide à épurer ne contient pas de matières en suspension, et si une aération complète peut être maintenue, il en serait de même que pour les lits de gros matériaux. En pratique, cependant, ces conditions peuvent rarement être maintenues avec des grands volumes d'eaux traités, et la plus grande efficacité peut être obtenue aussi bien dans les lits de

matériaux fins peu profonds, que dans les lits profonds. On ne peut pas encore établir exactement une relation quantitative entre ces deux dispositifs de lits.

Le volume d'eau d'égout qui peut être épuré par mètre cube de lit de contact ou de lit à percolation varie, dans les limites pratiques, presque inversement avec la concentration du liquide traité. Ceci est donné en tenant compte de ce fait que le volume des matériaux dont le lit est formé, dans chaque cas, doit être approprié à la composition du liquide à épurer, et que les matériaux doivent avoir une épaisseur suffisante pour assurer l'efficacité maxima.

En tenant compte de la perte graduelle de capacité *des lits de contact*, un mètre cube de matériaux de *lits à percolation* épurera environ deux fois plus de liquide qu'un mètre cube de matériaux de *lits de contact.*

Dans le cas d'eaux d'égout contenant des substances qui entravent l'activité des microbes, le travail effectué par mètre cube de matériaux est le même dans les deux cas, mais ceci n'est pas clairement établi.

Les lits à percolation se prêtent mieux aux variations de volume des eaux à traiter que les lits de contact.

Les effluents des lits à percolation sont ordinairement beaucoup mieux aérés que ceux des lits de contact, et (à part les matières en suspension) sont d'une composition plus uniforme. Lorsqu'on vide un lit de contact, les premières eaux qui s'écoulent sont beaucoup plus impures que l'effluent moyen du lit.

Les odeurs sont plus fortes avec les lits à percolation qu'avec les lits de contact.

Dans les lits à percolation, les mouches peuvent devenir gênantes, surtout dans les lits de gros matériaux. Dans les mois chauds de l'année, de tels lits sont remplis de *Psychodidae* qui se disséminent en grand nombre jusque sur les murs des maisons aux environs des intallations.

Traitement des eaux d'égout sur le sol. — Il n'y a aucune distinction essentielle entre les eaux épurées par le sol ou par les lits artificiels.

Les effluents des terrains d'épandage qui sont particulièrement propres à l'épuration des eaux d'égout, contiennent seu-

lement une petite quantité de matière organique non oxydée, et sont ordinairement mieux épurés que les effluents des lits artificiels tels qu'ils sont construits et employés actuellement.

Lorsque les terrains d'épandage ne conviennent pas parfaitement à l'épuration des eaux d'égout, les effluents qu'on en obtient sont généralement très impurs.

Effet des eaux résiduaires industrielles. — Toutes les eaux résiduaires industrielles empêchent ou retardent l'épuration, mais on ne connaît aucun cas où l'admission des eaux résiduaires industrielles a rendu impossible l'épuration des eaux d'égout sur le sol ou sur les lits artificiels, quoique dans certaines circonstances des procédés spéciaux de traitement préliminaire soient nécessaires.

Odeurs. — Dans toutes les installations, il peut se dégager parfois des odeurs désagréables; aussi ces installations doivent-elles être autant que possible, éloignées des habitations.

Ces odeurs sont plus fortes lorsque les eaux d'égout contiennent des eaux résiduaires de brasserie; mais, par contre, la présence de certaines eaux résiduaires contenant par exemple des sels de fer ou des matières goudronneuses, rendent l'épuration moins malodorante.

L'importance de ces odeurs dépend non seulement de la composition des eaux d'égout, mais aussi de la méthode d'épuration employée.

OBSERVATIONS SUR LE CHOIX D'UNE MÉTHODE DE TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT

Généralités. — Le choix d'une méthode de traitement des eaux d'égout et la disposition de l'installation nécessitée par cette méthode de traitement, dépendent principalement des circonstances locales et on doit être guidé par les considérations suivantes :

Il sera dit plus loin (types d'épuration) que le degré d'épuration qui doit être imposé dans un cas particulier dépendra des circonstances locales et que les autorités s'attacheront à

déterminer par quel moyen on peut atteindre le plus économiquement le but cherché. Si une étendue suffisante de bonne terre perméable, sur laquelle l'eau d'égout peut s'écouler par gravitation, peut être acquis au prix de 6.000 francs l'hectare environ, le traitement par le sol sera ordinairement le plus économique. S'il est nécessaire d'obtenir un effluent parfaitement épuré, il peut être moins coûteux de payer un prix élevé pour une bonne terre, plutôt que d'adopter le traitement artificiel, car les effluents obtenus par le traitement des eaux d'égout sur les filtres artificiels, sont généralement inférieurs à ceux obtenus par le traitement de ces eaux sur un sol convenable, et il sera alors exigé un traitement supplémentaire des effluents des filtres artificiels. Sur un bon sol, une eau d'égout de concentration moyenne, dont on aura éliminé la majeure partie des matières en suspension, peut être déversée à raison de 337 mètres cubes par hectare et par jour, avec production d'un effluent très bien épuré. Si le sol n'était pas de qualité moyenne, capable de ne traiter, par exemple, que la moitié du volume indiqué plus haut, son utilisation peut encore être économique s'il peut être acquis au prix de 3.000 francs l'hectare environ.

Lorsqu'on ne peut disposer que de terres argileuses ou peu perméables, le traitement artificiel sera moins coûteux et plus efficace.

Il faut aussi considérer, pour savoir si l'on doit adopter l'un ou l'autre traitement, la situation et le niveau du sol, et quel que soit le système, il est essentiel d'établir l'installation dans un endroit qui permette les agrandissements.

Choix du procédé artificiel. — Les différentes méthodes de *traitement préliminaire*, employées dans les conditions favorables à chacune, coûtent sensiblement le même prix si l'on tient compte de l'épuration sur lits bactériens qui en dérive. Pour cette raison le choix du traitement préliminaire dépendra surtout des conditions locales et des facilités de traitement des boues.

Si les circonstances font que des quantités considérables de boues peuvent être, soit transportées à la mer, soit enfouies dans le sol, soit vendues pressées comme engrais, il sera probablement plus économique d'adopter un traitement permet-

tant la meilleure élimination des matières en suspension des eaux d'égout. Si, d'un autre côté, il est indispensable d'avoir aussi peu de boues et des dragages aussi rares que possible, les fosses septiques ou les bassins de sédimentation par écoulement continu seront les plus économiques.

La situation de l'installation et les odeurs qui peuvent s'en dégager seront également à considérer pour le choix du traitement préliminaire.

Les *lits bactériens de contact*, avec un seul contact, donneront généralement un bon effluent lorsque l'eau d'égout est diluée, mais seulement si le traitement préliminaire a été efficace. Pour l'épuration des eaux d'égout diluées, partiellement sédimentées, et aussi pour les eaux d'égout de moyenne concentration partiellement sédimentées, lorsqu'on devra exiger un bon effluent, il est nécessaire d'épurer par double contact.

Mais, dans presque tous les cas, on pourra traiter un grand volume d'eau en adoptant le système des *lits à percolation* plutôt que celui des *lits de contact*. Le volume d'eau traité par mètre cube de lits à percolation peut généralement s'élever au double de celui qu'il est possible d'admettre sur les lits de contact.

Pour les lits à percolation, si l'eau d'égout est diluée, et si le traitement préliminaire a éliminé la plus grande partie des matières en suspension, il est probablement préférable, dans la plupart des cas, d'employer les lits peu épais et construits en matériaux fins.

Si l'eau d'égout est concentrée, et spécialement si le traitement préliminaire laisse échapper une quantité considérable de matières en suspension, il est recommandable d'employer des lits profonds et construits avec de gros matériaux.

Si l'eau à traiter contient beaucoup de matières en suspension, il est ordinairement préférable d'établir des lits à percolation avec de gros matériaux, *quelle que soit la concentration de l'eau d'égout*.

Pour les eaux d'égout de moyenne concentration, dont la plus grande partie des matières en suspension aura été retenue par le traitement préliminaire, on peut employer indifféremment des matériaux gros ou fins.

Avec une eau d'égout de faible concentration et très bien clarifiée, une couche de matériaux très fins comme le sable, superposée au lit bactérien, donnera de bons résultats avec un taux de traitement de 2400 et même de 2900 litres par mètre cube de matériaux par jour. Dans ce cas, toutefois, le sable de surface devra être lavé à de courts intervalles : environ une fois chaque semaine.

CHAPITRE XIII

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES
ÉPURATION CHIMIQUE DES EAUX RÉSIDUAIRES DE TEINTURERIE

Les eaux résiduaires de teinturerie ont une composition chimique très variable : les unes sont acides, les autres alcalines, et dans certaines usines on pratique le blanchiment en même temps que la teinture. Ces eaux sont le plus souvent très diluées et seulement teintées de couleurs variées.

Le premier traitement qu'on doive leur faire subir est de les rendre neutres ou légèrement alcalines. Il arrive souvent que le mélange de toutes les eaux de l'usine, venant des divers ateliers, est suffisant pour obtenir la presque neutralité et qu'alors il n'est nécessaire d'ajouter que de très petites quantités de chaux. On doit toujours se garder d'élever, par l'addition d'une grande quantité de chaux, le degré hydrotimétrique, ce qui pourrait gêner considérablement l'emploi de l'eau de la rivière par les usines établies en aval.

La chaux produit déjà le plus souvent une précipitation et la décoloration partielle des eaux; mais il faut remarquer que les solutions alcalines de certaines matières colorantes sont quelquefois plus colorées que les solutions acides. Le sulfate ferrique et le sulfate d'alumine seuls ou associés peuvent donner de très bons résultats de décoloration, tout en éliminant les matières en suspension. Dans chaque cas particulier on devra déterminer le meilleur précipitant et la quantité optima de ce précipitant à employer.

On a décrit de très nombreux appareils pour la décantation et la filtration des eaux traitées par les composés chimiques. Nous croyons utile d'en décrire deux nouveaux qui nous sem-

blent construits d'une façon ingénieuse et vraiment pratique (1).

I. — Appareil Waite

D'abord construit pour l'épuration des eaux de rivières polluées devant servir à l'industrie, l'appareil *Waite* a été expé-

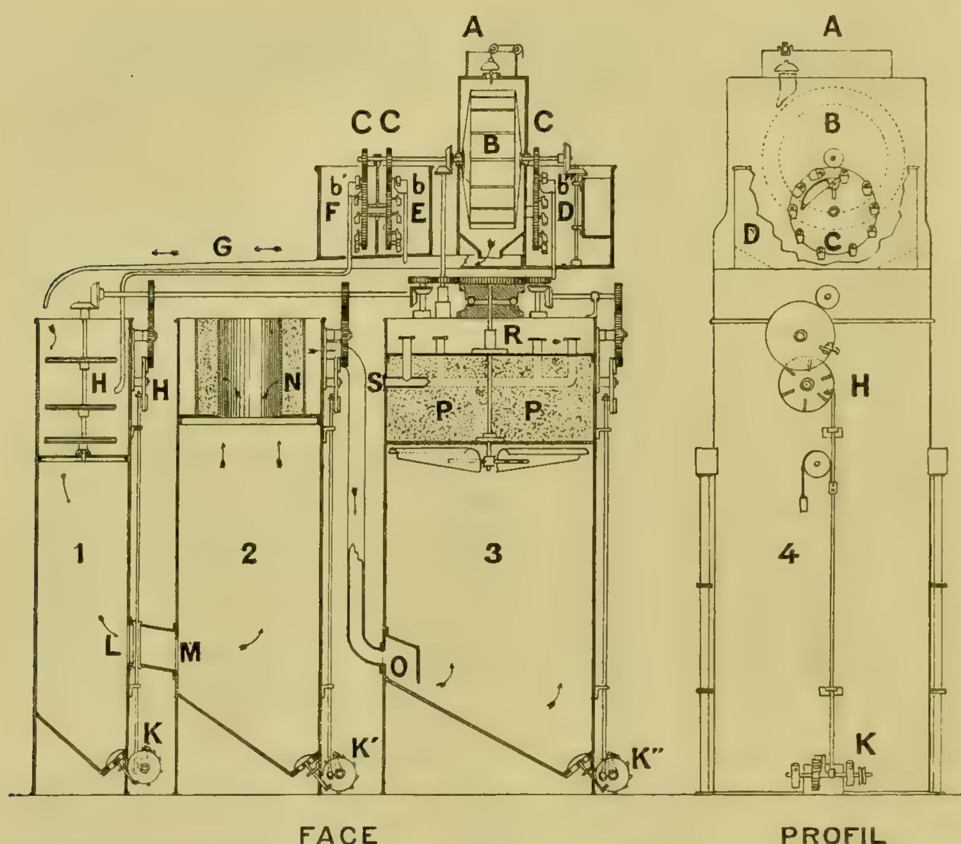


Fig. 17. — Appareil Waite.

A. — Conduite d'arrivée des eaux résiduaires.
B. — Roue hydraulique motrice.
C. — Roues à auges.
D, E, F. — Bassins à réactifs.
G. — Canalisation des eaux vers la tour 1.
1. — Tour de mélange.
2, 3. — Tours de décantation et de filtration.
H. — Commande automatique des vannes K.
K. — Vannes d'évacuation des boues.

rimenté pour l'épuration des eaux résiduaires de teintureries.

L'appareil (fig. 17) se compose de 3 tours verticales en fer. L'eau à épurer est pompée au-dessus des tours et tombe par

(1) Nous devons ces renseignements à M. H. Maclean Wilson, Chief Inspector of the *West Riding Rivers Board, Wakefield.*

A sur une petite roue à eau B qui entraîne : 1° un appareil très simple FED permettant d'ajouter le précipitant en quantité proportionnelle au volume de l'eau à épurer; 2° un autre appareil H qui, à la partie supérieure de la première tour, mélange l'eau avec les réactifs, et enfin 3° fait manœuvrer automatiquement des vannes d'évacuation des boues placées à la partie inférieure des tours k, k', k''.

L'eau additionnée de réactif s'écoule dans la première tour où le mélange est effectué, puis, par une ouverture à $0^m,50$ ou $0^m,60$ du fond L, se rend dans la deuxième tour M. Dans celle-ci l'eau s'élève vers la partie supérieure et pour s'en échapper doit traverser un filtre circulaire en copeaux de bois N. L'eau est alors dirigée près du fond de la troisième tour O dans laquelle elle passe de bas en haut dans un nouveau filtre de copeaux de bois P. Elle sort épurée en R et est évacuée par S.

Les avantages de cet appareil sont que, par suite de la hauteur des trois tours, les bassins de décantation sont très profonds et la vitesse d'écoulement étant très réduite, le dépôt des matières en suspension est facile. De plus, la méthode d'addition des réactifs et d'évacuation des boues est ingénieuse.

Une quantité suffisante de solution des précipitants est introduite chaque jour dans trois petits bassins b, b', b'' à la partie supérieure des tours, pour le traitement journalier de toutes les eaux résiduaires. Chacun des bassins peut recevoir un réactif différent, ce qui permet de faire agir trois précipitants simultanément si cela est jugé nécessaire. Dans ces bassins tourne une roue à augets ; les augets se remplissent d'une certaine quantité de la solution de réactif qu'ils déversent dans l'eau à traiter, après son passage sur la roue à eau qui donne le mouvement. De sorte que, plus le volume d'eau résiduaire est grand, plus la roue à eau tourne vite et par suite plus il y a de réactif déversé dans l'eau résiduaire.

L'évacuation automatique des boues est aussi réglée par le volume de l'eau qui entre dans l'appareil et, par une série d'engrenages et de roues dentelées, on peut effectuer l'évacuation à des intervalles fixés, par exemple de quart d'heure à une heure.

Les boues sont dirigées par une canalisation sur un filtre en scories et l'eau qui s'en écoule est traitée à nouveau.

Un appareil pouvant épurer $13^{m^3},6$ par heure et élevant l'eau à une hauteur de $13^m,50$ a les dimensions suivantes. La première tour (mélange) a 9 mètres de haut et $0^m,90$ de diamètre; capacité 6 mètres cubes environ. La deuxième tour (1re filtration) a 9 mètres de haut et $2^m,40$ de diamètre; capacité $42^{m^3},7$. Outre cette tour, il est recommandé d'établir deux tours semblables de filtration ayant 9 mètres de haut et $2^m,10$ de diamètre; capacité $32^{m^3},7$. La vitesse d'écoulement de l'eau est de 50 millimètres par minute dans les deux premières tours et de 32 millimètres par minute dans les deux autres.

La surface totale occupée par l'appareil est de 138 mètres carrés y compris 48 mètres carrés pour les filtres à boues.

Au début les réactifs employés étaient la chaux, l'aluminoferrique et la soude. Depuis, on a supprimé l'addition de soude et on ajoute 160 grammes de chaux et 110 grammes d'aluminoferrique par mètre cube d'eau.

L'effluent peut être réemployé, mélangé à de l'eau de puits, ce qui procure une économie lorsque l'usine est obligée de payer l'eau de la ville.

Le prix de l'appareil seul est de 13.250 francs sans compter les filtres à boues, la pompe, le réservoir d'alimentation de la pompe et les canalisations.

Les frais de main-d'œuvre, produits chimiques, etc., sont de $40^{fr},50$ pour traiter 1000 mètres cubes par semaine.

II. — Appareil Mackey-Akeroyd

Cet appareil, breveté par *W. Mc D. Mackey*, a été expérimenté avec succès dans une teinturerie où on emploie principalement les couleurs d'aniline acides ou neutres, avec les myrobolans et un sel de fer. Comme autres produits chimiques contenus dans les eaux, on trouve le bichromate de potasse et l'acide sulfurique et aussi quelquefois un chlorure décolorant. Les essais ont porté sur 136 mètres cubes par jour en moyenne.

Toutes les eaux résiduaires sont reçues dans une fosse

d'une capacité de près de 6 mètres cubes, un peu trop petite pour les grands afflux d'eaux, mais la place était limitée. De cette fosse les eaux sont élevées par une pompe dans un grand réservoir de mélange en bois d'une capacité de $47^{m^3},7$ porté sur des piliers de maçonnerie à une hauteur de 6 mètres.

Dans un petit bassin en bois B (fig. 18) placé au-dessus du réservoir de mélange, on met de la chaux qui est délayée avec une partie de l'eau résiduaire et maintenue en mouvement par une roue actionnée par la chute de l'eau à traiter. La

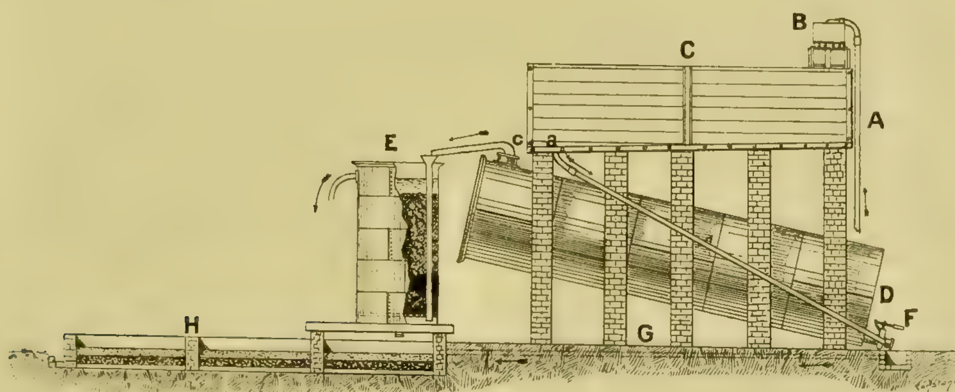


Fig. 18. — Appareil Mackey Akeroyd.

A. — Arrivée des eaux.
B. — Bac à réactif.
C. — Réservoir de mélange.
D. — Chaudière de décantation.
E. — Filtre pour les eaux décantées.
F. — Vanne d'évacuation des boues.
G. — Canalisation d'évacuation des boues.
H. — Filtre à boues.

quantité de chaux nécessaire pour obtenir une bonne précipitation varie considérablement d'un jour à l'autre, car l'eau résiduaire est quelquefois très acide, puis neutre et même alcaline ; mais habituellement on en emploie 350 grammes par mètre cube.

L'eau résiduaire mélangée au lait de chaux se déverse au-dessous du niveau de l'eau dans le réservoir de mélange G. Elle s'écoule par une ouverture pratiquée dans le fond à la partie la plus éloignée de l'entrée, en *a*. L'utilité de ce réservoir est de mélanger autant que possible les eaux résiduaires de composition différente pour avoir un liquide moyen et de laisser agir la chaux.

De ce réservoir les eaux entrent dans le fond d'une sorte de chaudière cylindrique D, placée au-dessous et inclinée sous

un angle de 12 degrés avec le sol. On a soin de maintenir le liquide dans la chaudière à une pression constante. Cette chaudière a 7^m,40 de longueur et 2^m,25 de diamètre avec une capacité de 35 mètres cubes. L'orifice de sortie est au point le plus haut *c*, quoique au-dessous du fond du réservoir de mélange, de sorte que la chaudière est toujours remplie d'eau, qui, pendant le fonctionnement, entre constamment par le fond F, et sort par le haut *c*.

L'idée nouvelle qui a permis l'obtention du brevet est que le liquide qui traverse la chaudière abandonne les matières en suspension qui s'accumulent dans les parties basses et forment ainsi un obstacle, un crible, lequel retient les matières en suspension du liquide qui arrive de nouveau et ainsi leur dépôt en est facilité. De plus, le tuyau d'amenée des eaux est dirigée vers le haut, ce qui communique un remous au liquide et aide probablement au dépôt des matières solides. La boue qui s'accumule dans les parties basses de la chaudière est évacuée par F dans une canalisation spéciale, environ une fois par semaine ; mais il faut avoir soin d'en conserver une certaine quantité dans la chaudière pour la raison indiquée plus haut.

L'effluent ainsi débarrassé de la plus grande partie des matières en suspension passe de bas en haut dans un filtre à coke E ; un dispositif permet d'éviter le siphonnement. Ce filtre est une cuve cylindrique en tôle de 1^m,95 de diamètre et de 3^m,60 de haut, remplie sur une hauteur de 2^m,70 de morceaux de coke de 12 à 37 millimètres. Le fond ne contient pas de coke sur 0^m,45 de hauteur : c'est de là que le liquide s'élève pour être filtré. L'effluent est dirigé sur un barrage où il se mélange avec l'eau de la rivière, pour servir à la condensation. La boue qui s'accumule au bas du filtre est évacuée environ une fois par jour dans la canalisation spéciale, et le filtre est lavé par l'évacuation en sens inverse du liquide qu'il contient, c'est-à-dire de haut en bas.

Toutes les boues sont dirigées sur des filtres de scories H de 0^m,60 de hauteur, bien drainés. Après quelques jours elles ont perdu assez d'eau pour pouvoir les mettre à sécher à l'air sur le sol. Pour les volumes d'eaux indiqués on a produit environ 12 tonnes de boues séchées à l'air en quatre mois.

Cet appareil a le grand avantage de tenir peu de place (seulement 100 mètres cubes). Le prix pour une installation complète pouvant traiter $15^{m^3},6$ à l'heure est estimé par M. Mackey à 8750 francs. Ce prix serait réduit pour de plus grandes installations. Avec une consommation moyenne de 550 grammes de chaux par mètre carré, le prix du traitement est environ de 1 fr. 55 par jour auquel il faut ajouter les frais de pompage. L'addition de chaux et l'enlèvement des boues n'exige que le travail d'un homme pendant une heure.

La méthode employée pour ajouter le précipitant doit être réglée. La chaux seule ne donne pas de très bons résultats, car l'effluent a une trop grande dureté et son mélange avec les eaux de la rivière peut causer des ennuis aux usiniers établis en aval et se servant de ces eaux.

L'effluent final ne contient généralement plus de matières en suspension, mais il est encore un peu coloré en vert ou jaunâtre.

D'après les expériences faites, l'eau circule pendant 20 minutes dans le réservoir de mélange, 50 minutes dans la chaudière de décantation et 30 minutes dans le filtre, ce qui fait qu'elle met 100 minutes à traverser tous les appareils.

III. — Traitement biologique des eaux résiduaires industrielles a réaction acide

Nous avons fait remarquer à plusieurs reprises dans les volumes précédents, — et cela est aussi rappelé dans le rapport de la Commission royale anglaise, — que l'on peut, par certaines modifications, variant suivant la composition des eaux résiduaires industrielles, adapter les méthodes biologiques à l'épuration de ces eaux et qu'on a presque toujours un grand avantage à entreprendre des essais dans une petite installation expérimentale. On connaît déjà l'appareil *Scott-Moncrieff* qui permet ces essais. Nous avons nous-mêmes établi un dispositif de laboratoire décrit page 51 (chap. V).

Dans une étude du traitement des eaux d'égout acides *A.-H. Fardon* [1] décrit un petit appareil à écoulement inter-

[1] *Journal of The Royal Institute of Public Health*, January 1909, p. 33.

mittent, permettant d'expérimenter sur de très faibles volumes d'eau.

Un flacon réservoir remplit un petit vase qui se vide lorsqu'une pince est ouverte par la tige d'un flotteur mû par un réservoir à siphon analogue à ceux des water-closets. L'eau à épurer tombe sur un disque en porcelaine perforée placé dans un tube sur une sorte de petit lit bactérien formé de divers matériaux. Ce tube a 30 centimètres. Au fond, l'évacuation se fait par un plan incliné qui dirige l'effluent vers un orifice d'où il tombe dans un deuxième tube semblable, puis dans d'autres tubes. On peut recueillir des échantillons de l'eau ayant passé dans chaque tube.

L'écoulement continu est obtenu par des tubes effilés, disposition analogue à celle que nous-mêmes avons adoptée pour nos essais de nitrification continue il y quelques années.

L'eau d'égout de *Bradford*, qui a été employée pour ces expériences, est très chargée et contient surtout beaucoup de matières grasses. Le volume journalier est d'environ 60 000 mètres cubes. Il est traité par l'acide sulfurique de façon à ce que l'eau garde une acidité de 50 à 100 milligrammes par litre. Il est alors mis à décanter dans de grands bassins, et le liquide acide est envoyé à la rivière. On a entrepris de très nombreuses expériences sur l'effluent de ces bassins de décantation, soit acide, soit neutralisé, soit rendu alcalin.

Les résultats ont montré que, jusqu'à certaines limites, l'acidité n'empêche pas l'épuration dans les lits bactériens, quoiqu'il n'y eût pas de nitrification (sauf une très faible dans une série d'expériences) à moins de neutraliser l'acidité dans le lit.

L'addition d'acide dans une eau d'égout diminue considérablement le nombre des germes, comme le montrent les résultats suivants :

	ENSEMENCEMENTS	
	sur gélose.	sur gélatine.
Eau d'égout brute.	2.225.500 par cmc.	7.650.000 par cmc.
— acide.	28.000 —	448.000 —

Cette réduction est due en partie à la précipitation mécanique, mais surtout à l'acidité, car elle est surtout marquée

pendant la première heure après l'addition d'acide et avant que la sédimentation se soit opérée. Plus tard la diminution est faible.

Il faut noter que les bactéries du groupe du *Bacterium coli* ne sont pas entièrement détruites en 24 heures, tandis que le *Bacille typhique* disparaît en 30 minutes.

Dans toutes les expériences, l'épuration a été appréciable. Il est cependant à remarquer que la quantité d'ammoniaque augmente sensiblement et que la nitrification est très lente à s'établir dans les lits. Mais l'acidité disparaît toujours pour être remplacée par une réaction alcaline. L'eau brute, presque noire au début, devient brun clair après addition d'acide et l'effluent des lits n'a plus qu'une couleur jaune pâle.

Le pourcentage d'épuration augmente avec la profondeur des lits comme le montrent les résultats suivants :

	PROFONDEUR DES LITS				
	0 m. 30	0 m. 60	0 m. 90	1 m. 20	1 m. 50
Oxygène absorbé en 4 heures.	44	65	73	85	86
Azote albuminoïde	56	64	78	79	82
Ammoniaque (augmentation). .	26	42	94	86	42

D'autre part, le pourcentage d'épuration est d'autant plus élevé que la quantité d'eau traitée par unité de surface et de temps est plus faible.

	VOLUME D'EAU PAR M² ET PAR JOUR		
	0 m³ 280	0 m³ 560	1 m³ 120
Oxygène absorbé en 4 heures.	67	65	48
Azote albuminoïde	83	83	52
Nitrates	traces.	traces.	néant.

La dimension des matériaux des lits a une grande importance et les résultats les meilleurs sont obtenus avec les matériaux les plus fins :

	DIAMÈTRE DES MATÉRIAUX		
	12 à 18 mm.	3 à 6 mm.	2,5 à 3 mm.
Oxygène absorbé en 4 heures.	44	52	68
Azote albuminoïde	»	42	53
Ammoniaque (augmentation). .	15	13	16
Nitrates	présence.	traces.	néant.

Cependant le lit composé des plus fins matériaux commença à se colmater à la fin de l'expérience.

Les deux derniers tableaux se rapportent à l'épuration d'eaux neutralisées par la chaux ; mais une nouvelle série d'expériences avec l'eau acide a donné des résultats analogues.

Quelques essais de filtration sur la terre ont donné une très bonne épuration. Par contre les lits de contact, employés soit avec l'eau acide, soit avec l'eau neutralisée, ont donné des résultats si inférieurs à ceux des lits à percolation, qu'on doit les rejeter pour le traitement de ces eaux.

Les conclusions de *A.-H. Fardon* sont les suivantes :

Un grand nombre de facteurs importants, tels que les dimensions des différents matériaux des lits bactériens, la profondeur des lits, la méthode de répartition, le taux de déversement, etc., peuvent être facilement déterminés au laboratoire sans grands frais, avant de construire l'installation d'épuration.

Le traitement préliminaire des eaux d'égout par un acide minéral, par exemple pour séparer les matières grasses des eaux résiduaires de peignages de laine, n'est pas un obstacle au traitement par les méthodes biologiques. Les acides détruisent un grand nombre des bactéries des eaux d'égout, en particulier le bacille typhique, mais il en reste suffisamment pour que peu à peu un lit bactérien devienne actif.

Les méthodes de distribution continue ou intermittente donnent des résultats semblables, mais la méthode par simple contact ne peut être employée pour une eau d'égout acide.

Les processus de maturation et de nitrification sont considérablement retardés dans les lits sur lesquels on traite une eau d'égout acide.

Une acidité de 100 à 120 milligrammes par litre est rapidement neutralisée, même par des matériaux inertes comme le coke. La neutralisation préalable ne hâte pas la maturation des lits.

ADDENDUM

SERVICE D'ANALYSE POUR LA RECHERCHE DES POLLUTIONS PRODUITES DANS LES COURS D'EAU PAR LES DÉVERSEMENTS D'EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES

En exécution des instructions de M. le Conseiller d'État, directeur général des eaux et forêts, nous avons reçu des demandes d'analyses pour la recherche des contaminations produites dans les cours d'eaux par les déversements industriels. On trouvera ci-après un court résumé de chacun des rapports que nous avons adressés aux inspecteurs du service des eaux et forêts au sujet des échantillons prélevés par leurs soins.

Voici d'abord le texte de l'instruction que nous avons établie pour ces prélèvements :

INSTRUCTION

SERVICE DES ANALYSES D'EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES

Recherche de la pollution produite dans les cours d'eau par le déversement des eaux résiduaires industrielles.

1° Pour que cette recherche soit possible, il faut prélever les échantillons à six endroits différents :

a) A 100 mètres en amont du point de déversement;

b) Au point de déversement;

c) A 100 mètres en aval du point de déversement;

d) Eau résiduaire industrielle telle qu'elle est déversée;

e) Échantillon du dépôt boueux s'il y a envasement du cours d'eau.

2° Il sera prélevé, de chaque échantillon, deux litres. Les vases seront autant que possible neufs, ou, tout au moins, lavés abondamment et plusieurs fois avec l'eau à analyser. Les bouchons de liège seront neufs. Chaque vase sera soigneusement étiqueté.

3° Le prélèvement n'aura lieu que par temps sec.

4° Expédier les flacons, entourés de sciure de bois et de glace, par chemin de fer en grande vitesse (franco à domicile) à l'Institut Pasteur à *Lille* (*Nord*). *Service des analyses d'eaux.*

5° Répondre au questionnaire ci-contre.

Observations particulières :

. . . .

QUESTIONNAIRE

1° Quel est le volume de l'eau résiduaire déversée, par rapport au volume d'eau qui s'écoule dans la rivière ou le cours d'eau?

2° Le déversement d'eaux résiduaires est-il continuel ou intermittent? (Se préoccuper du moment du déversement pour ne prendre les échantillons que lorsqu'il a lieu.)

3° L'aspect et l'odeur de l'eau de la rivière changent-ils d'une façon manifeste après le déversement?

4° Quelle est la nature des eaux résiduaires déversées? et par quelles industries?

Sur 56 enquêtes que nous avons examinées, concernant le déversement d'eaux les plus diverses, nous avons conclu sept fois qu'il n'y avait pas lieu à interdiction. Pour les autres, un traitement préalable des eaux résiduaires devait être exigé.

Nous estimons qu'on ne doit évidemment pas demander aux industriels de rejeter dans les cours d'eaux des eaux plus pures que celles qu'ils leur empruntent et même que, dans certaines circonstances, l'administration a le devoir de se montrer tolérante, en particulier lorsque les quantités d'eaux résiduaires rejetées au moment du plus fort débit ne représentent qu'une minime portion du débit de cette rivière.

Pour les eaux résiduaires ne contenant que des matières organiques en solution, il existe des procédés assez économiques permettant de rendre les eaux imputrescibles. Nous avons déjà étudié quelques-uns de ces procédés et nous en avons publié les résultats.

Pour les autres eaux résiduaires il y a deux cas où le déversement doit être interdit formellement :

1° *Les eaux contenant des acides libres minéraux*, tels que l'acide sulfurique et chlorhydrique employés dans les tréfileries. Ces acides dissolvent et maintiennent en solution un certain nombre de métalloïdes et métaux très toxiques. Les eaux dont il s'agit seront avantageusement traitées par la chaux qui donnera des sels non toxiques en précipitant tous les oxydes des autres métaux. Il est nécessaire que ces oxydes soient retenus par une bonne décantation car ils pourraient se redissoudre sous certaines influences dans le lit de la rivière.

2° *Les eaux chargées de matières en suspension.* Lorsque ces matières sont inertes, leur déversement dans les cours d'eaux n'a que l'inconvénient d'envaser leur lit, mais si ces matières sont organiques (par exemple la cellulose des drèches de betteraves ou de pommes de terre) elles se déposent au fond du lit de la rivière et y fermentent en produisant des composés nuisibles pour la vie des poissons et des odeurs désagréables pour les riverains. Il est donc indispensable de prescrire aux industriels de ne déverser dans les cours d'eaux que des eaux ne contenant pas de matières en suspension.

Résultats sommaires des analyses effectuées à l'Institut

INSPECTION	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	EAU RÉSIDUAIRE DE	CONSTATATIONS
Montargis. . . .	C. — Loiret	Fabrique d'acide sulfurique et de superphosphates.	Empoisonnement du poisson dans la rivière du Solin.
Raon-l'Étape . .	E. — Vosges	Féculerie.	Contamination de la rivière la Valdange.
Abbeville	H. — Somme. . . .	Distillerie.	Contamination de rivière.
Id.	N. — Somme. . . .	Distillerie.	*Id.*
Dieppe	A. — Seine-Infér.. .	Fabrique de soie artificielle.	Empoisonnement du poisson dans la rivière la Béthune.
Bonneville. . . .	C. — Haute-Savoie.	Fabrique de chlorate de potasse.	. . . .
Id.	G. — *Id.*	Fabrique de chlorure de calcium.	. . . .
Briançon	B.	Traitement des bourres de soie.	Contamination de la Durance.
Raon-l'Étape . .	. . . .	Teinturerie de laine.	Contamination de la Meurthe.
Id.	. . . .	*Id.*	*Id.*
Remiremont. . .	. . . .	Fabrique et teinturerie de papiers.	Contamination du ruisseau Sainte-Anne.
Die	Drôme	Teinturerie.	. . . .
Id.	*Id.*	Tannerie	. . . .
Lamarche. . . .	G. — Vosges	Papeterie.	Contamination de la Saône.
Troyes (Aube). .	. . . .	Teinturerie	Contamination de Vacherie.
Id.	. . . .	*Id.*	*Id.*
Id.	. . . .	Filature et teinturerie.	Contamination de Seine.
Id.	. . . .	. . . .	*Id.*

Pasteur de Lille pour le Service des Eaux et Forêts.

DATE	CONCLUSIONS DES ANALYSES
anvier 1905. . .	Les eaux ne contiennent pas d'acides libres ni de produits toxiques. L'empoisonnement des poissons peut être attribué à un déversement accidentel d'eaux très acides qu'on ne peut constater par l'analyse des échantillons.
Id.	Eaux nuisibles aux poissons par suite des matières organiques en suspension qu'elles apportent dans la rivière.
Id.	La cause de contamination ne peut être attribuée aux eaux résiduaires de l'usine.
Id.	Eaux résiduaires putrescibles pouvant contaminer les eaux de la rivière.
évrier 1905. . .	Les prélèvements ont été effectués trop tardivement pour qu'on puisse retrouver des produits toxiques pour les poissons. L'empoisonnement a été occasionné probablement par un déversement accidentel d'eaux nuisibles.
lars 1905	Pas de produits nuisibles pour le poisson.
Id.	Id.
uin 1905	Eaux très contaminées, nuisibles aux poissons, doivent être épurées.
Id.	Les eaux de la Meurthe ne semblent pas sérieusement contaminées par le déversement de ces eaux, il serait cependant à recommander d'éliminer les matières grasses qu'elles contiennent.
Id.	Id.
uillet 1905 . . .	La contamination est due uniquement à la fermentation des matières cellulosiques qui se déposent dans le ruisseau : il y a lieu de prescrire une décantation parfaite des eaux avant leur évacuation.
Id.	Eaux acides à neutraliser avant leur rejet.
Id.	La pollution du ruisseau est faible mais il faut prescrire une décantation parfaite des eaux qui doivent être légèrement alcalines avant leur déversement.
oût 1905	Pas de contamination si ce n'est par les matières en suspension qui doivent être éliminées des eaux avant leur déversement.
Id.	Contamination surtout par les matières en suspension.
Id.	Id.
Id.	Contamination très peu importante. Les matières en suspension doivent être éliminées.
Id.	La Vacherie contaminerait peu la Seine si les eaux n'y apportaient pas de matières en suspension putrescibles.

INSPECTION	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	EAU RÉSIDUAIRE DE	CONSTATATIONS
Évreux (Eure). .	S. M. Eure-et-Loir .	Papeterie.	Contamination de l'Eure et de l'Iton.
Mirecourt (Vosges).	V. — Vosges. . . .	Brasserie.	Contamination de l'Illon.
Nantes (Loire-Inférieure).	Loire-Inférieure. . .	Limite de la salure des eaux de la Loire	
Marseille (Bouches-du-Rhône)	A. — Bouches-du-Rhône.	Tannerie	Contamination de l'Huveanne.
Saint-Loup (Hte-Saône).	A. — Haute-Saône .	Tréfilerie et laminoirs.	Contamination de la Semouse.
St-Gobain (Aisne)	F. — Aisne.	Sucrerie	Contamination . .
Abbeville (Somme).	E. — Somme. . . .	Sucrerie	*Id.*
Id.	St-R. — *Id.*	Sucrerie	*Id.*
Id.	C. — *Id.*	Sucrerie	*Id.*
Id.	H. — *Id.*	Distillerie.	*Id.*
Id.	N. — *Id.*	*Id.*	*Id.*
Saint-Julien (Ain)	S. C. — Ain.	Fabrique de produits pharmaceutiques.	Empoisonnement présumé du poisson.
Saint-Hippolyte (Doubs).	D. — Doubs	. . . .	. . . .
Beauvais (Oise).	M. — Oise	Fabrique de tapis. .	Empoisonnement du poisson.
Id.	V. — Oise	Fabrique de cyanure de potassium et sodium.	*Id.*
Abbeville (Somme).	H. — Somme. . . .	Distillerie.	Contamination.. .
Id.	N. — *Id.*	*Id.*	*Id.*
Dieppe (Seine-Inférieure).	A. — Seine-Infér.. .	Sucrerie	*Id.*
Vitry-le-François	. . . .	Sucrerie	*Id.*
Moutiers (Savoie)	N. et B. — Savoie .	Fabrique de carbures.	Empoisonnement du poisson.
Nantes (Loire-Inférieure).	C. — Loire-Infér.. .	Papeterie.	Contamination de la Sèvre.
Beauvais (Oise).	H. — Oise	Fabrique de sodium.	Empoisonnement du poisson.
Moutiers (Savoie)	D. et B. — Savoie .	Fabrique de carbures.	*Id.*

DATE	CONCLUSIONS DES ANALYSES
Septembre 1905.	Les eaux doivent être débarrassées des matières cellulosiques qu'elles entraînent et qui, se déposant dans l'Iton, y fermentent et nuisent aux poissons.
Id.	L'eau résiduaire contient en solution et en suspension une trop grande quantité de matières organiques pour être déversée dans un cours d'eau d'aussi faible courant.
Octobre 1905 . .	Cette limite a pu être fixée à Cordemais Migron.
Id.	Contamination peu importante, mais les déversements doivent être surveillés.
Id.	Eaux résiduaires contenant du plomb et des acides libres très nuisibles pour les poissons et les autres animaux.
Novembre 1905 .	Eaux peu contaminées.
Id.	Eau très peu contaminée. Exiger une meilleure décantation.
Id.	Eaux contaminées, doivent être épurées.
Id.	Id.
Décembre 1906. .	Eau peu contaminée.
Id.	Id.
Février 1906. . .	Les eaux contiennent des traces d'alcaloïdes toxiques, probablement inoffensifs à ces doses.
Juillet 1906 . . .	Eaux non acides.
Id.	Eaux nuisibles, contiennent de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique.
Août 1906	Aucun produit nuisible.
Décembre 1906 .	Pas de contamination par l'eau résiduaire.
Id.	Contamination très faible.
Janvier 1907. . .	Contamination peu importante. On doit exiger une meilleure décantation des eaux.
Id.	Eaux chargées de matières organiques, mais la grande dilution dans les eaux de l'Aisne semble les rendre peu nuisibles.
Février 1907. . .	Les matières résiduaires, soumises à l'analyse, déversées dans l'Isère, sont toxiques pour le poisson.
Mai 1907.	Eau peu souillée de matières organiques solubles. On doit exiger une meilleure décantation des eaux.
Id.	L'eau de la rivière ne contient pas de produits toxiques : il n'en est pas de même de l'eau résiduaire qui, si elle est déversée dans la rivière, peut causer la mort du poisson.
Juin 1906	Mêmes conclusions que dans le rapport de février 1907.

INSPECTION	LIEU DE PRÉLÈVEMENT	EAU RÉSIDUAIRE DE	CONSTATATIONS
Beauvais (Oise).	M. — Oise	Tannerie	Contamination du Thérain.
Le Mans (Sarthe)	M. — Mayenne . . .	Mines d'anthracite .	Contamination . . .
Clermont (Puy-de-Dôme).	. . . .	Distillerie.	Contamination du Jauron.
Abbeville (Somme).	E. — Somme. . . .	Sucrerie	Contamination . . .
Id.	C. — *Id.*	*Id.*	*Id.*
Vouziers	A. — Aisne.	Sucrerie et distillerie.	*Id.*
Bourg-Saint-Andéol (Ardèche).	F. — Ardèche. . . .	Fabrique de produits chimiques.	Contamination de l'Ouvèze.
Dieppe (Seine-Inférieure).	A. — Seine-Infér.. .	Fabrique de soie artificielle.	Empoisonnement du poisson.
Id.	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Id.	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Nantes (Loire-Inférieure).	A. — Loire-Infér.. .	Papeterie.	Contamination de la Sèvre-Nantaise.
Bains (Vosges) .	. . . .	Féculerie.	Contamination . .
Dijon (Côte-d'Or)	. . . .	Fabrique de produits pyroligneux.	Empoisonnement du poisson.
Nantes (Loire-Inférieure).	A. — Loire-Infér.. .	Papeterie.	Contamination de la Sèvre-Nantaise.
Épinal (Vosges).	. . . .	Teinturerie.	Contamination de la Moselle.

DATE	CONCLUSIONS DES ANALYSES
Juillet 1907 . .	Les eaux renferment des produits nuisibles (sulfures), des matières organiques en grande quantité et elles ont une alcalinité trop forte. Ces eaux, déversées dans une rivière à faible débit, doivent causer la mort du poisson.
Août 1907 . . .	Ces eaux acides, très minéralisées et riches en fer, sont nuisibles à la vie du poisson.
Septembre 1907 .	Ces eaux, chargées de matières organiques polluant le ruisseau peu important dans lequel elles se jettent, doivent être épurées.
Novembre 1907 .	Eau peu contaminée.
Décembre 1907 .	*Id.*
Id.	Eaux contaminées.
Janvier 1908. . .	Eaux acides et riches en fer, nuisibles aux poissons.
Février 1908. . .	Les eaux ne contiennent pas de produits toxiques, si ce n'est des proportions anormales de sulfates alcalins qui peuvent nuire à certains poissons très sensibles comme les truites. On ne peut déterminer exactement la cause de l'empoisonnement.
Id.	Mêmes conclusions.
Mars 1908	L'analyse démontre la présence, dans les eaux, d'alcalis libres toxiques pour les poissons.
Id.	Les eaux sont acides, ce qui est très nuisible aux poissons, et contiennent des matières cellulosiques en suspension. Les eaux doivent être rendues légèrement alcalines et débarrassées des matières en suspension.
Avril 1908	Eaux très contaminées et nuisibles aux poissons.
Mai 1908.	Les produits examinés sont toxiques pour les poissons.
Id.	Mêmes conclusions qu'en mars.
Juin 1908.	Échantillon trop peu important. Il n'a pas été possible de caractériser de composés toxiques.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES PLANCHES, FIGURES ET GRAPHIQUES

PLANCHES

FIGURES

GRAPHIQUES

---

63 637. — PARIS, IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, rue de Fleurus, 9.

Compliments of

J. H. Chalmers

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

A LA MÊME LIBRAIRIE

63132. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

CAISSE NATIONALE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

EFFECTUÉES A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET A LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

PAR

LE Dr A. CALMETTE

Membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

E. ROLANTS

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

E. BOULLANGER

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

F. CONSTANT

Préparateur à l'Institut Pasteur de Lille

L. MASSOL

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

CINQUIÈME VOLUME

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1910

INTRODUCTION

Depuis l'année 1902, dans une série de mémoires publiés par la *Revue d'hygiène* et successivement dans les quatre précédents volumes de ces *Recherches*, nous avons fait connaître les résultats de nos expériences poursuivies à la station expérimentale de la Madeleine sur l'épuration biologique des eaux d'égout.

On sait que le principe de cette épuration consiste à réaliser la minéralisation rapide des matières organiques contenues dans les eaux d'égout, au moyen d'un système d'épandage intermittent sur un sol artificiel, véritable support microbien, particulièrement apte au développement et au travail intensif des ferments nitrificateurs.

La méthode, dérivée des travaux du chimiste anglais *Dibdin*, a été appliquée avec succès par de nombreuses villes anglaises, allemandes et américaines, à l'épuration des eaux d'égout urbaines. On compte actuellement plus de 250 villes anglaises et 64 villes allemandes qui l'ont adoptée dans des conditions un peu différentes les unes des autres et qui s'en déclarent très satisfaites. En France, rien ou presque rien n'a été fait encore dans cet ordre d'idées, soit parce que les municipalités y sont trop indifférentes aux questions d'assainissement, soit parce qu'on a cru tout d'abord trouver dans l'utilisation agricole une solution plus convenable. Or l'expérience prouve que celle-ci ne peut être pratiquée que dans les cas tout à fait exceptionnels où l'on dispose, au voisinage immédiat des villes, de terrains peu coûteux, faciles à drainer et à cultiver, d'une perméabilité parfaitement homogène. En dehors de ces conditions, l'épandage avec irrigation culturale expose

les nappes souterraines et les rivières à des pollutions particulièrement graves, de sorte qu'on est obligé d'y renoncer. En conséquence, dans l'immense majorité des cas, on ne peut réaliser l'épuration des eaux d'égout que par les nouveaux procédés biologiques artificiels, les traitements chimiques étant beaucoup trop coûteux et ne permettant d'ailleurs pas de *minéraliser les matières organiques putrescibles* qui se trouvent à l'état de solution dans les eaux d'égout.

Les recherches que nous avons effectuées ont fait connaître comment l'épuration biologique pouvait être *pratiquement* et *économiquement* réalisée. Mais, chaque jour, chaque nouvelle expérience nous apporte de nouveaux progrès, nous fournit de nouvelles indications. Aussi, grâce aux moyens précieux d'étude que la Caisse Nationale des Recherches Scientifiques met à notre disposition, espérons-nous pouvoir continuer à déterminer avec plus de précision encore les conditions de cette épuration et les résultats qu'on doit en attendre.

Parallèlement à nos essais d'ordre pratique, nous poursuivons au laboratoire l'étude des questions théoriques qui se rattachent au problème de l'épuration.

Ce cinquième volume résume nos travaux de l'année 1909. Nous y avons condensé en outre, dans un chapitre à part, les chiffres fournis par ceux des années antérieures et nous nous sommes efforcés, comme précédemment, de tenir le lecteur au courant de toutes les études faites à l'étranger sur le même sujet.

Nous sommes amplement récompensés de nos efforts par l'accueil bienveillant fait à ces *Recherches* par les hygiénistes publics et les ingénieurs sanitaires de tous les pays [1].

Dr A. CALMETTE.

[1] Les deux premiers volumes de ces *Recherches* sont actuellement épuisés en librairie, mais nous espérons pouvoir répondre au désir des hygiénistes en préparant, pour une époque peu éloignée, la publication d'une monographie de l'*épuration des eaux usées, urbaines et industrielles.*

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

CHAPITRE PREMIER

ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION DE L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT ET LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

L'arrondissement de Lille est peu favorisé pour l'évacuation des eaux usées, car il n'est arrosé que par deux rivières canalisées, la *Deûle* et la *Lys* et leurs petits affluents. La *Deûle*, en aval de Lille, reçoit la *Marque*.

Le canal de la *Deûle* traverse la partie la plus riche du plus riche département de la France, celle où la population est le plus dense et où l'on rencontre le plus d'établissements industriels. Les causes de pollution sont nombreuses; aussi les eaux sont-elles très contaminées, et les poissons les ont depuis longtemps abandonnées.

Avant son arrivée à Lille, la *Deûle* reçoit les aqueducs et les naviettes chargées d'eaux ménagères et d'eaux résiduaires industrielles, principalement la naviette de Seclin et les aqueducs d'Haubourdin, de Loos et de Lomme. A ces causes d'infection il faut ajouter le tout à l'égout pratiqué par les bateliers qui sillonnent en grand nombre le canal. Les eaux, très contaminées en amont de Lille, le sont bien plus lorsqu'elles ont reçu les 30 000 m³ d'eaux d'égout de Lille et de ses faubourgs.

Si la *Deûle* était une rivière à courant très rapide et à grand débit, le mal serait peut-être supportable; mais, quand on songe que son débit peut tomber à l'étiage à 2 m^3 par seconde et que, de plus, les retenues, partielles en temps ordinaire, et complètes pendant les périodes de sécheresse, forcent les eaux à la stagnation, on comprend que toutes les boues entraînées, déposées dans le lit de la rivière, y fermentent et dégagent des odeurs nauséabondes.

Cette situation suscita de nombreuses réclamations qui amenèrent la formation en 1901 d'un *Consortium* de propriétaires et de communes riverains des trois rivières de l'arrondissement, la *Deûle*, la *Marque* et la *Lys*, lequel se préoccupa, concurremment avec l'Union des Syndicats de pêcheurs à la ligne de France, d'organiser une campagne pour empêcher les déversements d'eaux résiduaires dans les cours d'eau [1].

Mais il ne suffit pas de créer un mouvement d'opinion favorable et il était avant tout indispensable de pouvoir indiquer aux intéressés comment il leur serait pratiquement possible de se débarrasser de leurs résidus. C'est pourquoi l'Institut Pasteur de Lille fut prié d'entreprendre l'étude des meilleurs systèmes d'épuration et, grâce à des subsides importants accordés par la *Caisse nationale des recherches scientifiques*, il s'efforça de solutionner le problème, hors du laboratoire, à la *station expérimentale de la Madeleine*.

*
* *

Par le terme *épuration* d'eau d'égout on doit comprendre, non pas une clarification plus ou moins parfaite, comme on l'obtient avec certains réactifs chimiques, mais l'*élimination aussi complète que possible de toutes les matières putrescibles, soit solides, soit en dissolution, susceptibles de nuire à la vie des poissons ou des plantes et de compromettre la santé publique*.

L'épuration des eaux d'égout doit donc aboutir à la *trans-*

(1) C'est en grande partie aux efforts personnels de M. Ory, président du Consortium d'assainissement du Nord, qu'est due l'intervention active des pouvoirs publics dans cette question de l'assainissement des rivières.

M. Ory a publié en 1902 (Lille, Imp. Lefèvre-Ducrocq) un livre intitulé : *Documents relatifs au Consortium de riverains de la Deûle, de la Marque et de la Lys*, dans lequel il fait l'historique et les résultats de la campagne qu'il a entreprise.

formation des matières organiques en leurs éléments minéraux, imputrescibles. Or les seuls agents qui permettent d'obtenir pratiquement ce résultat sont les *microbes*. Ce sont les *microbes* qui sont les agents de décomposition de tous les détritus, végétaux ou animaux, enfouis dans la terre ou abandonnés à la surface; c'est aussi principalement à leur action qu'est due l'épuration dite *spontanée* des rivières et des fleuves dans lesquels sont déversés les déchets de la vie.

Les eaux d'égout forment un milieu contenant les matières organiques les plus diverses, depuis les plus complexes, voisines de l'état vivant, jusqu'aux plus simples. Pour les détruire, il faut le concours successif et pratiquement simultané d'une infinité d'espèces de microbes. Les unes commencent la dégradation, les autres la continuent, et, de proche en proche, on arrive à la production d'éléments simples ou de combinaisons que nous sommes habitués à classer parmi les composés minéraux.

Les substances ternaires, telles que la cellulose, les sucres, etc., sont brûlées intégralement et donnent de l'acide carbonique et de l'eau. Les matières azotées subissent des transformations analogues, mais les derniers termes de désintégration sont l'azote, l'ammoniaque et l'acide carbonique. Encore, dans ce dernier cas, le dernier stade n'est-il pas accompli, car l'ammonniaque, sous l'influence de nouvelles espèces de ferments, s'oxyde pour donner de l'acide nitrique.

Tous les microbes capables de concourir à l'épuration existent normalement dans les eaux d'égout, et, pour s'en convaincre, il suffit d'en abandonner dans un vase ouvert pour qu'au bout d'un temps, ordinairement très long (2 à 3 mois), la matière organique ait disparu et ait été remplacée par des nitrates, seuls témoins de ces transformations. Placés dans des conditions favorables, ces microbes peuvent produire les mêmes effets d'épuration en un temps très court : c'est ce qu'on observe dans l'irrigation culturale et dans les procédés biologiques artificiels.

L'*épuration par le sol* (épandage, irrigation culturale) est connue depuis des siècles en Italie (*Marcites* de Milan) et en Espagne (*Huertas* de Valence), elle fut employée avec des succès divers en Angleterre et en Allemagne et l'est encore à

Paris et à Reims en France. On a constaté que, bien dirigée, elle peut augmenter la fertilité du sol et donner une eau presque pure, mais, pour obtenir ce résultat, il faut tenir compte de certaines conditions qu'il est très rarement possible de remplir.

On peut épurer les eaux d'égout sur sol *nu* ou sur sol *cultivé*. Cependant il faut que ce sol ait les qualités requises, c'est-à-dire qu'il soit suffisamment poreux et bien aéré. Les terres composées de sable et d'argile, ou de calcaire et d'argile, conviennent très bien pourvu qu'elles soient drainées, ce qui les assainit en les asséchant et les aérant.

Il semble plus rationnel d'utiliser les terrains ainsi irrigués pour la culture, car les eaux d'égout y apportent des principes fertilisants. Aussi c'est presque toujours l'*irrigation culturale* qui est pratiquée. La dose d'irrigation est très variable suivant les sols et suivant les cultures; il est admis qu'elle ne doit pas dépasser 40 000 mètres cubes par hectare et par an pour les terrains très favorables d'Achères et de Gennevilliers (Paris). En Angleterre et en Allemagne on a reconnu que la dose devait être seulement de 12 000 à 15 000 mètres cubes par hectare et par an.

Toutes les cultures ne peuvent pas supporter le même volume d'eau d'égout; ainsi M. Vincey a montré que, si les prairies permanentes absorbent sans peine plus de 4 fois la dose légale de 40 000 mètres cubes par hectare et par an, les pommes de terre ne peuvent en recevoir que la moitié et les asperges le quart (domaines de la Ville de Paris).

Il est une cause qui doit faire souvent renoncer à cette méthode d'épuration : c'est la crainte de contaminer les nappes aquifères souterraines. Le sol n'est pas d'une composition uniforme; chaque couche dont il se compose a des épaisseurs différentes suivant les lieux, et présente des cassures, des failles, dans lesquelles les eaux d'égout peuvent s'engouffrer pour aller directement rejoindre les eaux des nappes aquifères utilisées pour l'alimentation. Comme les eaux d'égout charrient fréquemment des microbes pathogènes, elles peuvent donc propager de graves épidémies.

Même si l'épuration est certaine et la protection des nappes aquifères assurée, il y a lieu d'interdire sur les champs irri-

gués la culture de tout légume ou fruit destiné à être consommé cru, car leur ingestion n'est pas sans dangers. L'irrigation doit se faire sur les terres de grande culture ou dans les prairies. Dans ce dernier cas, on met entre l'homme et le végétal une sorte de filtre animal, l'herbivore, chargé de retenir les microbes pathogènes; mais les travaux récents, montrant le danger de l'ingestion de bacilles tuberculeux, laissent la question à l'étude.

L'irrigation culturale exige malheureusement des surfaces de terrains considérables : on ne traite que 11 *litres par mètre carré et par jour* dans les domaines de la Ville de Paris. Berlin moins encore : 4 à 5 litres seulement. Dans une région surpeuplée comme l'arrondissement de Lille, où du reste les terrains de nature argileuse s'y prêteraient mal, il serait très difficile et en tout cas extrêmement coûteux de trouver les surfaces nécessaires pour l'épuration des eaux d'égout des villes.

La difficulté et quelquefois l'impossibilité de pratiquer l'épuration des eaux d'égout par le sol a conduit à rechercher si, par certains dispositifs, on ne pouvait pas mettre en œuvre les mêmes agents, mais de façon à leur faire produire leur maximum du travail sur le minimum d'espace possible. C'est ce qu'on a pu réaliser par les *procédés biologiques artificiels*.

Si les eaux d'égout ne charriaient pas des quantités quelquefois considérables de matières organiques et minérales en suspension, l'épuration serait très facile. Malheureusement les boues gênent l'irrigation culturale par le *colmatage* plus ou moins rapide qu'elles forment dans les billons ou canaux de distribution, ce qui oblige à des remaniements fréquents. Il en serait de même sur les sols artificiels dont il sera parlé plus loin.

L'épuration des eaux d'égout doit donc comprendre deux opérations distinctes : 1° la séparation des matières solides ; 2° le traitement des eaux décantées sur un sol artificiel, dans lequel la matière organique dissoute sera détruite.

Une installation d'épuration biologique se compose ordinairement de *chambres à sables*, de *fosses septiques* et de *lits bactériens*.

Les *chambres à sable* sont des bassins de petites dimensions dans lesquels les eaux d'égout, par un séjour très peu prolongé, abandonnent les matières lourdes composées surtout de matières minérales imputrescibles : sables, graviers, scories, etc....

Les *fosses septiques* ont une capacité beaucoup plus grande, qu'on admet devoir être en moyenne égale au volume des eaux d'égout traitées par 24 heures. Les eaux, en s'écoulant lentement dans ces fosses, laissent déposer toutes les matières en suspension, et en général l'effluent qui en sort en est débarrassé. Parmi ces matières, les unes, très légères, viennent flotter à la surface, et y forment une croûte plus ou moins épaisse ; les autres s'accumulent au fond des fosses. Par suite des fermentations qui s'établissent très rapidement dans les eaux d'égout, les microbes anaérobies et aérobies facultatifs se trouvent dans des conditions favorables à leur pullulation. Ils attaquent la matière organique des boues dont ils solubilisent et principalement gazéifient une grande partie, ce qui a été démontré par de nombreuses expériences. Cette destruction de la matière organique des boues est très importante à deux points de vue : d'abord leur accumulation est moins rapide dans les fosses, ce qui n'oblige pas à de fréquents dragages ; ensuite ces boues draguées, contenant principalement des produits minéraux avec un résidu de matière organique qui a résisté à l'action des microbes, peuvent être manipulées sans avoir l'inconvénient de répandre les odeurs désagréables des produits en décomposition.

L'épuration proprement dite s'accomplit sur les *lits bactériens*. Tandis que, dans les fosses septiques, les ferments anaérobies ou mixtes ont, à l'abri de l'air, produit leur action de désintégration de la matière solide, dans ces lits, au libre contact de l'air, d'autres ferments détruisent par oxydation la matière organique soluble. Comme il est indispensable que les microbes aient en abondance à leur disposition l'oxygène de l'air, les lits bactériens sont formés de matériaux laissant entre eux de nombreux espaces libres. Ce ne sont pas des filtres, ainsi qu'on les désigne improprement parfois, car le volume d'eau qu'ils peuvent recevoir est très limité : ce sont des *supports microbiens à surface multipliée*.

On admet actuellement que, lorsque les eaux d'égout sont déversées sur les lits bactériens, par suite d'une action de surface, les matières organiques sont retenues sur les matériaux et que, si les déversements sont intermittents, lorsque l'eau s'est écoulée, les microbes brûlent ces matières organiques par oxydation. Cette oxydation donne avec les matières hydrocarbonées de l'acide carbonique et de l'eau ; pour les matières azotées il y a en plus production de nitrates.

On choisit généralement, comme matériaux pour la construction des lits bactériens, les scories ou mâchefers, car ils sont peu coûteux et possèdent une très grande surface. On peut leur substituer des pierres dures ou calcaires ou des briques cassées en gros fragments, suivant les conditions locales.

Les *lits bactériens de contact* ont été les premiers employés. Ce sont des bassins étanches contenant, sur un fond bien drainé, des scories ou autres matériaux sur une hauteur de 1 mètre et qui ne doit pas dépasser $1^{m},50$. Ils fonctionnent par intermittences réglées de la façon suivante : les eaux sont déversées à la surface du lit jusqu'à ce qu'elles occupent tous les interstices entre les scories ; ce remplissage ne doit pas durer plus d'une heure ; les eaux restent alors *en contact* avec les matériaux pendant deux heures, puis on les laisse écouler, soit à la rivière si l'épuration est jugée suffisante, soit sur un autre lit identique placé en contre-bas. La vidange doit ainsi durer une heure. Il est alors nécessaire de laisser le lit s'aérer pendant quatre heures pour permettre l'oxydation de la matière organique. Après ce temps, on peut opérer un nouveau remplissage, ce qui fait *trois remplissages par 24 heures*. Suivant la composition des eaux, on leur fait subir un, deux, trois et même quelquefois quatre *contacts* sur un, deux, trois ou quatre lits successifs.

Cette méthode a deux graves défauts : elle oblige à des manœuvres de vannes pour remplir ou vider les lits (il est vrai qu'on a inventé des appareils automatiques, mais ces derniers ne donnent pas toujours satisfaction car ils sont réglés, non pas suivant le temps de contact, mais par le volume d'eau à épurer). Elle est, de plus, très coûteuse. Ajoutons qu'il est souvent impossible, par suite de manque de

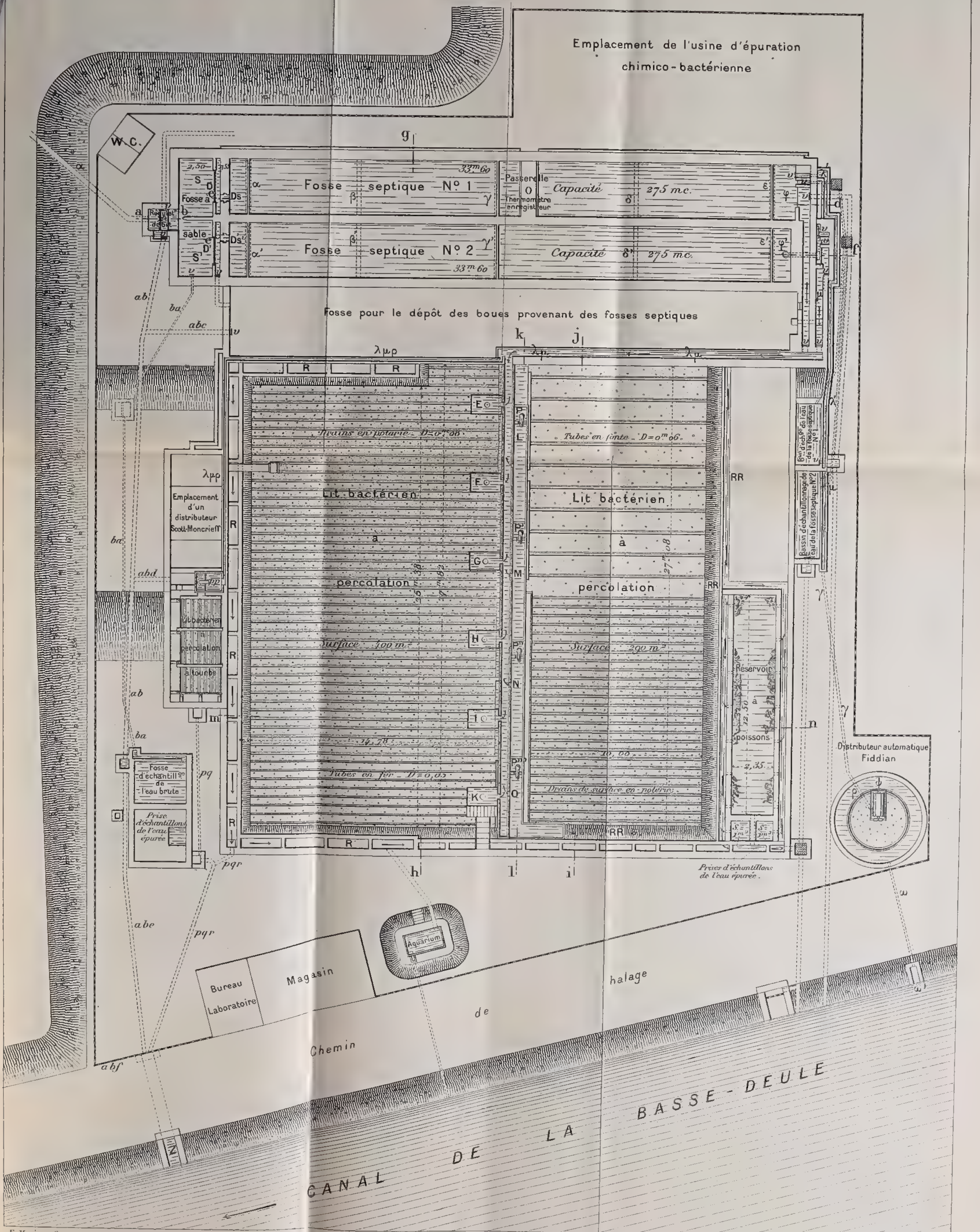
dénivellation des terrains, de multiplier suffisamment les contacts.

Les *lits bactériens à percolation* n'offrent pas ces inconvénients. Ils consistent en lits de scories ou d'autres matériaux poreux placés, non dans un bassin étanche, mais entre de petits murs ajourés, permettant la libre circulation de l'air. Ils ont une plus grande profondeur : $1^{m},50$ au moins, 2 mètres et plus si cela est possible. Le déversement des eaux à la surface du lit, au lieu de se faire par grande masse, est réglé de telle façon que les matériaux soient, par intermittences, mouillés et non immergés. La répartition doit s'effectuer aussi également que possible et de nombreux appareils ont été inventés dans ce but. On verra plus loin comment elle a été réalisée à la station expérimentale de la Madeleine.

Lorsque la répartition est bonne, que les déversements ont lieu à des intervalles convenablement réglés, l'effluent qui s'écoule de ces lits est limpide et imputrescible. Il contient encore les nombreux microbes qui ont concouru à l'épuration, mais il a été démontré que cet effluent, lorsque cela est nécessaire (par exemple en temps d'épidémie), peut être stérilisé par l'addition d'une très petite quantité de chlore.

Si on compare les surfaces nécessaires pour l'épuration, on voit que, *par les lits bactériens de contact*, on peut épurer 1 mètre cube par mètre carré et par jour pour un seul contact ou 500 litres par mètre carré et par jour pour deux contacts, ce qui est le cas le plus fréquent. Avec *les lits bactériens à percolation*, on peut traiter aisément au moins 1 *mètre cube par mètre carré et par jour*, souvent bien davantage, jusqu'à plus de 4 mètres cubes. Si on compte une surface égale pour les fosses septiques et divers dégagements, on peut donc traiter 1 825 000 mètres cubes par hectare et par an. Pour l'irrigation culturale, la dose légale dans les domaines de la Ville de Paris est de 40 000 mètres cubes par hectare et par an, soit 45 *fois moins*.

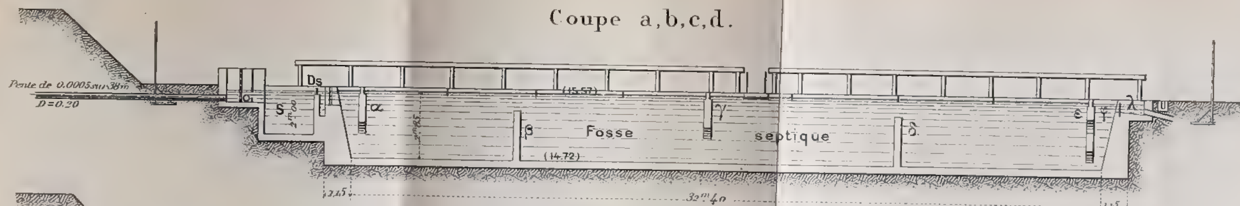
L'épuration par le sol, dans les conditions les plus favorables, permet d'obtenir un effluent mieux épuré que par les procédés biologiques artificiels, mais il n'est pas nécessaire d'exiger la perfection. Un effluent imputrescible entraîne avec lui les ferments qui continuent l'épuration dans les cours

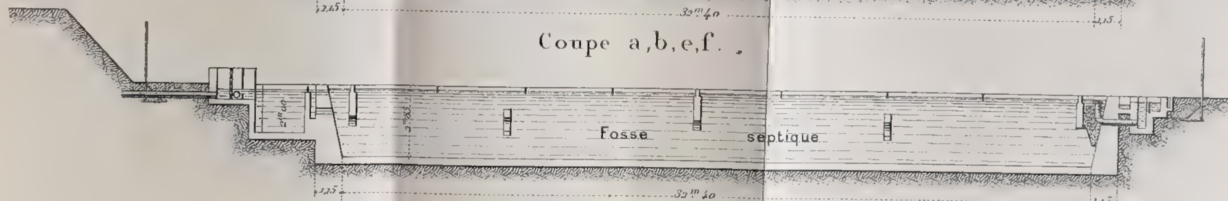


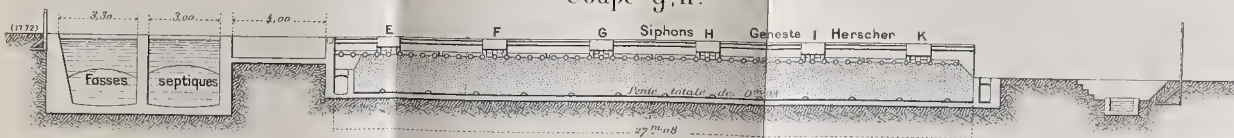
STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

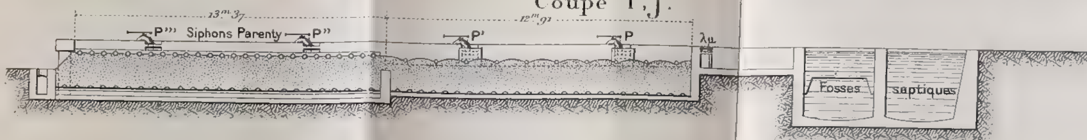
E. Morieu, Gr.

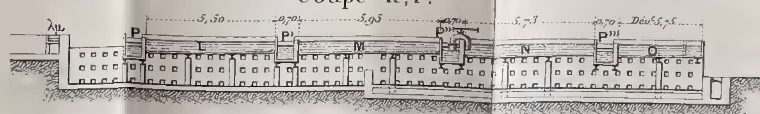
Imp. Dufrénoy, Paris

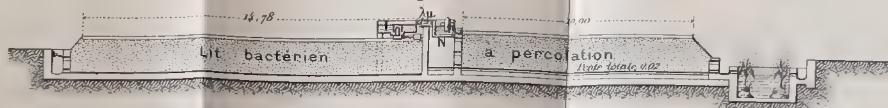












E. Morieu, Gr.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

Lith. Dufrénoy, Paris.

d'eau et, aussitôt que la matière organique est détruite, la vie microbienne cesse. Le grand avantage des procédés biologiques est de pouvoir être établis partout, quelles que soient les conditions locales, et de donner, lorsque l'installation a été bien comprise, des résultats satisfaisants.

Il est cependant des cas où l'on doit préférer aux procédés microbiens les procédés mécanico-chimiques, par exemple, lorsque les eaux d'égout sont formées principalement d'eaux résiduaires industrielles qui contiennent des substances capables de nuire au développement des microbes, comme les acides, les antiseptiques et les graisses. Pour ce dernier cas, les eaux de l'*Espierre* (*Roubaix-Tourcoing*), en France, celles de *Bradford*, en Angleterre, sont des exemples dont il sera longuement parlé plus loin.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

(Planches I et II).

Depuis le mois de mars 1904, époque à laquelle furent commencés les travaux de construction de la station de la Madeleine jusqu'à présent, l'expérience a permis de réaliser de multiples perfectionnements.

La station expérimentale comprenait au début : deux fosses septiques de 250 mètres cubes de capacité chacune, l'une ouverte à l'air libre, l'autre couverte ; un bassin collecteur de 50 mètres cubes de capacité ; 4 lits bactériens de contact pouvant recevoir chacun 68 mètres cubes d'eau à chaque remplissage ; plusieurs petits lits d'expériences ; une installation d'épuration chimique avec force motrice pour élever l'eau avec deux bassins de décantation ; des bassins de jauge et un magasin-laboratoire.

Des essais encourageants sur un petit lit d'expérience firent adopter, l'année suivante, la transformation de 2 lits de contact en un grand lit percolateur alimenté par des réservoirs de chasses automatiques. Cette disposition permit de comparer les résultats d'épuration obtenus avec la même eau par lits de contact et par lits percolateurs.

Sauf les modifications toutes récentes (fin 1909) qui seront

décrites plus loin, le plan actuel comprend les dispositions suivantes :

Les eaux résiduaires d'une partie de la Madeleine sont dérivées par un barrage dans l'égout qui se rendait primitivement à la Deûle ; elles traversent une grille destinée à retenir les corps flottants volumineux, puis un régulateur système Parenty, qui règle le volume des eaux admises de manière que celui-ci n'excède pas le volume déterminé pour les expériences. A la sortie du régulateur, les eaux se divisent en deux courants, lesquels traversent d'abord des fosses à sables où elles abandonnent les matières lourdes et imputrescibles (sables, graviers, scories, etc.), pour tomber ensuite dans deux fosses septiques, ouvertes à l'air libre, d'une capacité utile de 282 mètres cubes chacune. Les eaux séjournent de 20 à 24 heures dans ces fosses. Elles y abandonnent toutes les matières en suspension qu'elles avaient entraînées. Ces matières en suspension se déposent au fond des fosses ou flottent à la surface, et la partie organique, en fermentant, se gazéifie ou se solubilise.

Parallèlement aux fosses, se trouve l'ancien bassin collecteur qui sert de dépôt pour les boues extraites des fosses par dragage une fois par an.

Au sortir des fosses, l'effluent est conduit par un canal perpendiculaire à la direction des fosses et, de chaque côté de ce canal, se trouvent les lits bactériens. Les premiers établis ont 400 mètres carrés de superficie ; ils sont alimentés par des siphons de chasses automatiques, système *Geneste Herscher*, qui déversent l'eau dans des canalisations de surface faites de drains posés bout à bout sans rejointoiement. Ces lits sont formés, sur 1^{m},58 de hauteur, de scories criblées sans poussières, et soutenus par 3 murs ajourés.

Les nouveaux lits percolateurs, d'une superficie de 290 mètres carrés, diffèrent des précédents en ce que les matériaux sont formés de 3/4 de scories criblées et de 1/4 de pierres calcaires. La distribution se fait au moyen de quatre siphons automatiques de *Parenty*. Sur une moitié de ces lits, l'eau jaillit de tubes en fonte percés de trous en quinconce ; sur l'autre moitié, l'eau s'écoule par les joints de conduite des drains.

Des bassins spéciaux, de faible capacité, permettent le prélèvement d'échantillons moyens de l'eau brute, de l'effluent de chacune des fosses septiques et de chacun des lits bactériens.

Dans un coin de la station se trouve un distributeur *Fiddian*. Il se compose d'une roue cylindrique, dont toute la surface porte une série d'augets. Le remplissage successif de ceux-ci détermine un mouvement circulaire d'autant plus rapide que l'eau à épurer arrive en plus grande quantité. L'alimentation des augets s'effectue par des déversoirs formant vases communiquant avec un réservoir axial. Les augets se vident successivement à la surface des scories, au fur et à mesure que la rotation de l'appareil s'effectue.

Les recherches [1] précédemment effectuées à l'Institut Pasteur et à la station expérimentale de la Madeleine ont donné les résultats principaux suivants :

Les analyses comparatives des effluents des fosses septiques, ouverts ou couverts, ont montré que les fermentations anaérobies sont sensiblement aussi actives dans les deux cas; par suite, on peut, dans la construction de ces fosses, éviter le plus souvent les frais de couverture.

Dans un premier travail (1905), l'étude des transformations qui s'effectuent dans la fosse septique a permis de constater que le carbone organique diminue pendant le séjour des eaux d'égout dans cette fosse. Il en est de même, mais d'une façon moins nette, pour l'azote organique. Par contre, l'ammoniaque augmente, ce qui prouve l'action fermentative des germes anaérobies.

Cette question a été reprise sous une autre forme (1908) en considérant ce que deviennent les boues entraînées par les eaux d'égout pendant leur séjour dans la fosse septique. De nombreuses analyses ont permis d'établir que 42,8 pour 100 de la matière organique des boues disparaissent, soit par solubilisation, soit plutôt par gazéification, et que même les matières grasses sont décomposées à peu près dans les mêmes propor-

[1] Dr A. Calmette, avec la collaboration de E. Rolants, F. Constant, E. Boullanger et L. Massol. — *Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout*. Paris, Masson et Cie, 1905, 1907, 1908, 1909, 1er Supplément 1908.

tions. Les gaz qui se dégagent sans cesse des fosses septiques se composent d'un mélange d'acide carbonique 4,5 pour 100, méthane 47,8 pour 100, hydrogène 22,9 pour 100 et azote 24,8 pour 100. Dans une fosse septique de 260 mètres cubes de capacité, il s'est dégagé pendant six mois environ 2000 mètres cubes de gaz. Ces gaz sont combustibles et dans quelques installations à l'étranger on les a recueillis et utilisés pour l'éclairage ou pour produire la force motrice.

La nitrification, c'est-à-dire l'oxydation finale des composés azotés, qui est le témoin d'une bonne épuration, a été étudiée à deux points de vue différents. D'abord les cultures pures ont permis de déterminer d'une façon précise l'action des ferments nitreux et nitriques qui concourent à cette oxydation. Ensuite, des expériences en milieu impur, sur des lits bactériens au large contact de l'air, ont montré quels composés pouvaient favoriser ou empêcher la nitrification. D'après ces données, on peut savoir si une eau d'égout ou une eau résiduaire industrielle peut donner lieu à la production de nitrates, suivant les composés que ces eaux renferment.

En 1906, la comparaison de très nombreux résultats d'analyses a permis de montrer d'une façon très nette, en traitant une même eau d'égout, que l'épuration obtenue dans les lits bactériens percolateurs était de beaucoup supérieure à celle que donnaient les lits bactériens de contact. Les lits bactériens percolateurs sont de plus en plus adoptés pour l'épuration des eaux d'égout, et le dispositif employé à la Madeleine est simple, robuste et efficace.

De l'ensemble de tous les résultats obtenus, il a été possible de déduire un certain nombre de règles permettant de construire des lits percolateurs capables d'épurer ces eaux, et on a pu se baser sur elles pour établir la valeur comparée de l'épandage agricole et de l'épuration biologique.

Des expériences de laboratoire, continuées sur de grands volumes dans quelques usines, ont montré que l'on pouvait épurer, sous certaines conditions, les eaux résiduaires industrielles chargées de matières organiques, comme les eaux résiduaires d'amidonnerie et de distilleries de betteraves.

L'exposé et l'étude des dispositifs d'épuration adoptés à

l'étranger ont montré toute la variété d'application de ces procédés suivant la composition des eaux à épurer.

Les procédés chimiques peuvent, lorsqu'ils sont appliqués judicieusement, comme l'a fait M. le professeur *Buisine*, donner des résultats d'épuration appréciables; ils sont même dans certains cas les seuls applicables.

La publication des résultats d'analyses journalières des échantillons prélevés à la station de la Madeleine a fourni aux hygiénistes qui se préoccupent de ces questions des données suffisantes pour leur permettre de se former une opinion sur la valeur réelle des procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout.

Toutes ces recherches ont nécessité l'établissement de méthodes d'analyses appropriées aux eaux d'égout et avec leur publication nous avons indiqué les renseignements que l'on pouvait tirer des résultats obtenus.

CHAPITRE II

RÉSULTATS ANALYTIQUES DES EXPÉRIENCES DE LA MADELEINE EN 1908-1909

EAU D'ÉGOUT BRUTE — EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES — EFFLUENT DES LITS BACTÉRIENS A SIPHONS PERCOLATEURS

Du 4 août 1908 au 27 juin 1909, nous avons continué à faire chaque jour le contrôle de l'épuration. Comme précédemment, les analyses ont porté sur :

1° L'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures ;
2° L'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes avant et après incubation à 30 degrés (pour les eaux épurées seulement) ou indice de putrescibilité ;
3° L'ammoniaque ;
4° Les nitrates ;
5° Les nitrites.

En outre, en octobre et novembre 1908, et janvier, février, avril, mai et juin 1909, pendant une période de sept jours. chaque mois, nous avons effectué les déterminations suivantes :

6° Matières organiques et minérales en suspension dans l'eau brute ;
7° Oxydabilité à chaud au permanganate (matières organiques en solution, double dosage en solution acide et en solution alcaline) ;
8° Azote organique total et dissous ;
9° Carbone organique total et dissous ;
10° Alcalinité.

Les méthodes employées pour ces analyses ont été décrites en détail et commentées dans le premier supplément de ces *Recherches* [1].

Pendant le premier semestre, la partie ancienne des lits bactériens à percolation, alimentée par les siphons Geneste Herscher, a seule fonctionné. Bien que l'installation des nouveaux lits bactériens à percolation fût terminée au début de janvier, nous n'avons commencé les analyses que lorsque le réglage des siphons Parenty fut parfait, c'est-à-dire le 15 février. Aussi, pour permettre les comparaisons, les moyennes annuelles ont été séparées en deux périodes, l'une du 3 août 1908 au 14 février 1909, l'autre du 15 février au 27 juin 1909. Les moyennes par semaine ont été rapportées, comme les années précédentes, dans les tableaux et courbes qui suivent.

Les quantités d'eau épurées ont été très variables, de 200 à 400 mètres cubes en semaine avec, comme maximum, 700 mètres cubes par grande pluie. Nous rappelons que le système d'égouts de la Madeleine est unitaire, avec apport d'une grande quantité d'eaux résiduaires industrielles.

Les analyses ont toujours été effectuées en prélevant des échantillons moyens de vingt-quatre heures dans les bassins d'échantillonnage.

Le tableau I indique les résultats fournis par les analyses complètes de sept périodes de sept jours chacune.

Les autres tableaux et graphiques ont été établis d'après les moyennes par semaine.

Tous les résultats sont donnés en milligrammes par litre.

Pour ne pas multiplier les chiffres, nous avons, sauf pour les analyses complètes, pris les moyennes des résultats obtenus pour les effluents des deux fosses septiques.

Les lits bactériens à percolation sont désignés de la façon suivante : lits anciens ; lits nouveaux composés de scories et calcaire : N° 1, alimentés par tubes en fonte perforée; N° 2, alimentés par drains.

(1) Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1908.

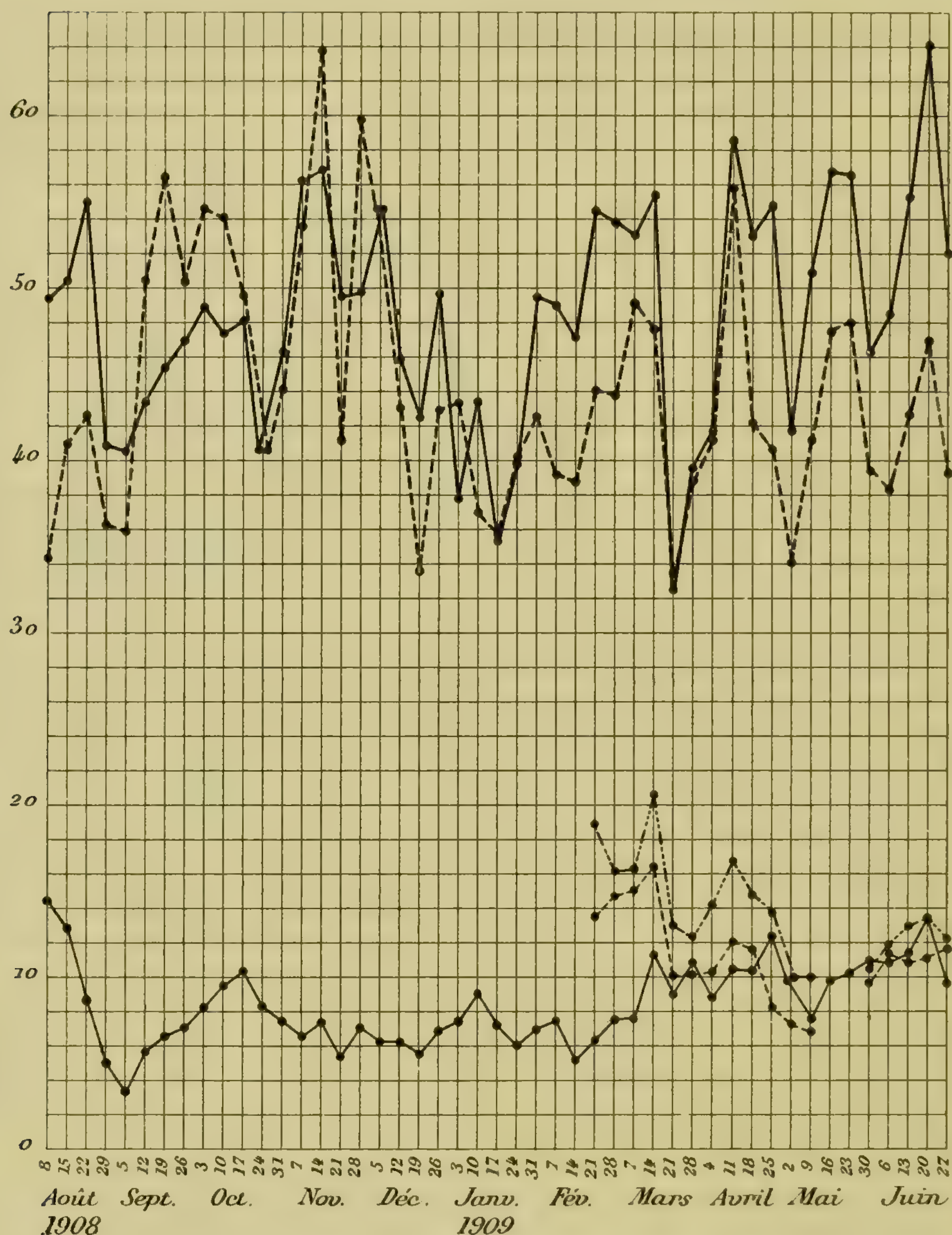
TABLEAU I. — **Périodes d'analyses compl**

DATE DE LA PRISE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	VOLUME MOYEN EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES PENDANT LES 7 JOURS	VOLUME MOYEN EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES EN SEMAINE	ALCALINITÉ EN CO^3Ca	MATIÈ[RES] EN SUSPE[NSION] ORGANIQUES
Du 11 au 17 octobre 1908.	Eau brute	414,4	482,0	»	109,4
	Effluent de la fosse septique N° 1	207,2	241,0	»	traces
	— N° 2	207,2	241,0	»	traces
	Effluent des lits bactériens à percolation	207,2	241,0	»	»
Du 30 novembre au 6 décembre 1908.	Eau brute	296,0	544,0	»	196,0
	Effluent de la fosse septique N° 1	148,0	172,0	»	»
	— N° 2	148,0	172,0	»	»
	Effluent des lits bactériens à percolation	148,0	172,0	»	»
Du 17 au 23 janvier 1909.	Eau brute	290,0	406,0	433,5	81,0
	Effluent de la fosse septique N° 1	145,0	203,0	466,6	»
	— N° 2	145,0	203,0	476,6	»
	Effluent des lits bactériens à percolation	145,0	203,0	305,7	»
Du 21 au 27 février 1909.	Eau brute	315,4	346,0	486,0	267,0
	Effluent de la fosse septique N° 1	157,7	173,0	493,0	»
	— N° 2	157,7	173,0	506,0	»
	Effluent des lits bactériens à percolation :				
	Anciens	189,2	207,6	380,0	
	Nouveaux. N° 1	65,1	69,2	377,0	»
	— N° 2	65,1	69,2	399,0	»
Du 28 mars au 3 avril 1909.	Eau brute	384,0	414,0	419,0	155,3
	Effluent de la fosse septique N° 1	192,0	207,0	430,0	»
	— N° 2	192,0	207,0	429,0	»
	Effluent des lits bactériens à percolation :				
	Anciens	250,4	248,4	381,0	»
	Nouveaux. N° 1	76,8	82,8	350,0	»
	— N° 2	76,8	82,8	349,0	»
Du 25 avril au 1er mai 1909.	Eau brute	274,4	285,0	396,0	142,0
	Effluent de la fosse septique N° 1	137,2	142,5	419,0	»
	N° 2	137,2	142,5	416,0	»
	Effluent des lits bactériens à percolation :				
	Anciens	164,4	171,0	343,0	»
	Nouveaux. N° 1	55,0	57,0	282,0	»
	— N° 2	55,0	57,0	295,0	»
Du 8 au 14 juin 1909.	Eau brute	302,1	336,3	515,0	58,0
	Effluent des fosses septiques, mélange	302,1	336,3	520,0	»
	Effluent des lits bactériens à percolation :				
	Anciens	181,1	202,0	431,0	»
	Nouveaux. N° 1	60,5	67,15	353,0	»
	— N° 2	60,5	67,15	391,0	»

a Madeleine en 1908-1909.

	OXYGÈNE ABSORBÉ		MATIÈRES ORGANIQUES Dosage au permanganate en oxygène		CARBONE ORGANIQUE EN C			AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az				NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
									AMMONIACAL	ORGANIQUE				
	EN 4 HEURES	APRÈS 7 JOURS D'INCUBATION A 30 DEGRÉS	EN SOLUTION ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION			TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		
»	48,1	»	102,5	80,0	464,0	328,0	136,0	21,2	17,4	14,5	8,2	6,2	»	»
»	44,0	»	98,7	70,0	»	326,0	»	19,2	15,7	»	8,4	»	»	»
»	55,4	»	100,7	70,5	»	311,0	»	20,7	17,0	»	8,5	»	»	»
,8	10,5	5,5	18,8	16,8	»	22,5	»	3,1	2,5	»	2,2	»	11,0	0,7
»	54,5	»	124,5	77,0	»	»	»	22,5	19,6	18,5	12,0	6,5	»	»
»	45,9	»	99,0	70,0	»	»	»	22,6	18,5	»	12,3	»	»	»
»	65,2	»	121,0	81,0	»	»	»	21,6	17,7	»	12,5	»	»	»
,2	6,5	1,5	11,7	9,2	»	»	»	0,9	0,7	»	5,1	»	30,7	trac.
»	59,9	»	95,7	62,3	127,9	76,6	51,3	19,3	15,7	14,0	6,9	7,1	»	»
»	41,0	»	86,0	66,0	»	62,6	»	16,6	13,6	»	5,1	»	»	»
»	59,5	»	86,3	67,6	»	64,0	»	18,5	15,2	»	6,7	»	»	»
,4	6,1	2,1	12,9	12,5	»	18,7	»	1,9	1,6	»	2,5	»	23,7	0,8
»	53,8	»	150,0	82,6	181,0	105,0	78,0	28,1	25,0	20,4	11,4	9,0	»	»
»	42,7	»	110,5	62,0	»	66,9	»	25,4	19,5	»	9,2	»	»	»
»	45,1	»	107,0	67,5	»	64,8	»	25,0	20,5	»	8,0	»	»	»
,5	7,6	2,1	13,9	10,6	»	12,9	»	2,0	1,6	»	2,0	»	24,0	0.0
,5	14,7	4,6	32,8	22,9	»	24,8	»	6,2	5,1	»	4,9	»	17,6	1,5
,5	16,5	7,2	37,6	25,0	»	29,1	»	8,3	6,8	»	5,2	»	9,7	1,5
»	41,7	»	107,0	52,0	116,0	68,0	48,0	16,1	13,2	18,0	10,1	7,9	»	»
»	41,6	»	107,0	64,0	»	79,9	»	16,9	13,5	»	10,0	»	»	»
»	40,7	»	98,0	64,0	»	84,2	»	16,9	15,5	»	10,7	»	»	»
,6	8,9	2,9	14,9	13,5	»	13,4	»	4,9	4,0	»	4,2	»	10,0	trac.
,8	10,2	5,0	22,0	18,0	»	21,5	»	2,9	2,4	»	2,6	»	19,0	trac.
,0	14,1	3,9	31,3	23,1	»	37,0	»	4,9	4,0	»	3,5	»	7,4	0,5
»	41,8	»	104,0	57,0	129,1	57,2	71,9	15,6	12,8	14,7	6,7	8,0	»	»
»	34,9	»	96,5	56,4	»	52,0	»	17,1	14,0	»	7,8	»	»	»
»	35,5	»	86,6	63,7	»	52,2	»	16,6	13,6	»	8,2	»	»	»
,1	9,9	2,6	17,1	15,0	»	15,7	»	2,6	2,1	»	3,4	»	17,0	trac.
,6	7,5	2,4	12,6	11,2	»	15,5	»	1,5	1,2	»	2,5	»	30,0	0,7
,7	10,0	5,4	19,2	15,4	»	18,6	»	2,8	2,5	»	5,2	»	15,0	0,6
»	34,5	»	124,0	78,0	116,6	74,5	42,1	25,0	18,9	9,7	8,0	1,7	»	»
»	42,7	»	107,0	71,0	»	75,5	»	25,0	18,9	»	6,7	»	»	»
,9	11,4	»	22,6	17,7	»	25,7	»	5,2	4,5	»	4,2	»	12,0	0,6
,0	11,1	»	22,9	19,2	»	20,5	»	3,2	2,6	»	4,2	»	19,0	1,2
,1	15,5	»	27,4	25,8	»	25,4	»	5,2	4,5	»	4,9	»	5,2	1,2

1° **Oxygène absorbé en 4 heures.** — Cette détermination



Graphique n° 1. — Oxygène absorbé en 4 heures.

————	Eau brute.
– – – – –	Effluent des fosses septiques.
————	— lits à percolation anciens.
- - - - - - -	— — nouveaux. N° 1.
-·-·-·-	— — — N° 2.

rapide permet de suivre journellement le travail d'épuration.

Oxygène absorbé en 4 heures.

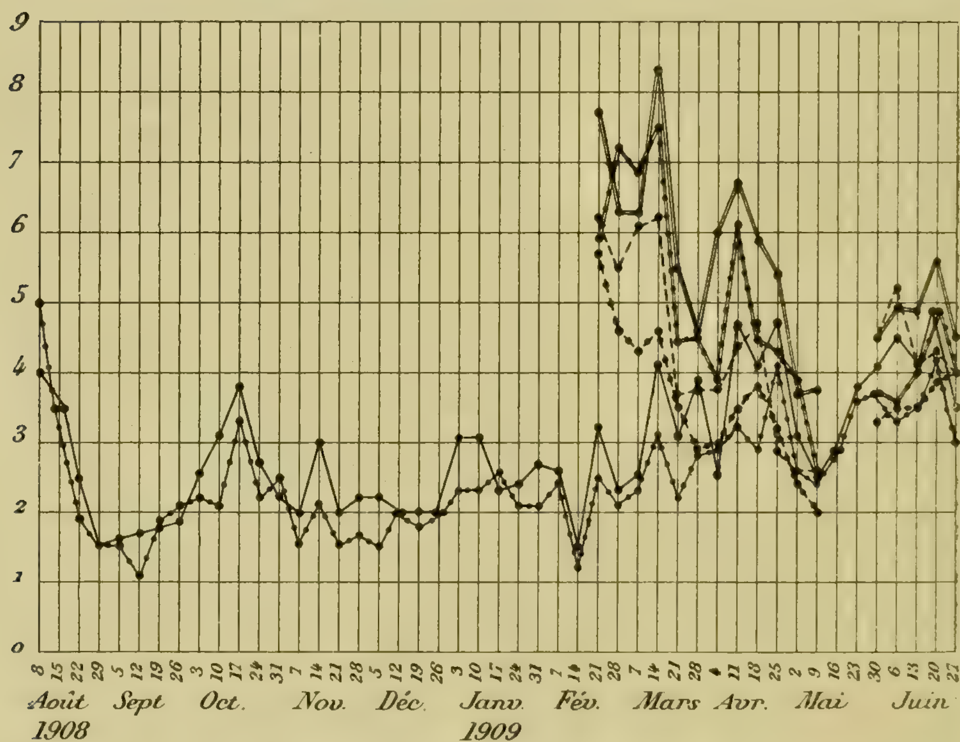
DATES	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	EFFLUENT DES LITS A PERCOLATION		
			1	2	3
3 Août . . . au 8 Août 1908.	49,3	34,3	14,4	»	»
9 — — 15 —	50,3	40,9	12,8	»	»
16 — — 22 —	54,9	42,7	8,6	»	»
23 — — 25 —	40,9	36,3	5,0	»	»
30 — — 5 septembre.	40,5	35,9	5,5	»	»
6 septembre — 12 —	43,5	50,4	5,8	»	»
13 — — 19 —	45,5	56,4	6,6	»	»
20 — — 26 —	47,0	50,4	7,1	»	»
27 — — 3 octobre . .	48,9	54,7	8,2	»	»
4 octobre. . — 10 —	47,4	54,1	9,6	»	»
11 — — 17 —	48,1	49,7	10,3	»	»
18 — — 24 —	40,6	40,6	8,3	»	»
25 — — 31 —	46,4	44,1	7,6	»	»
1er novembre — 7 novembre .	56,3	53,7	6,7	»	»
8 — — 14 —	56,9	63,9	7,5	»	»
15 — — 21 —	49,6	41,2	5,6	»	»
22 — — 28 —	49,8	59,8	7,2	»	»
29 — — 5 décembre .	54,3	54,5	6,3	»	»
6 décembre — 12 —	45,8	43,1	6,3	»	»
13 — — 19 —	42,5	33,6	5,6	»	»
20 — — 26 —	49,7	42,9	6,9	»	»
27 — — 3 janv. 1909 .	37,8	43,3	7,4	»	»
4 janvier . . — 10 —	43,5	37,0	9,1	»	»
11 — — 17 —	35,4	35,6	7,2	»	»
18 — — 24 —	39,9	40,2	6,1	»	»
25 — — 31 —	49,6	41,5	7,1	»	»
1er février. . — 7 février. . .	49,0	39,2	7,5	»	»
8 — — 14 —	47,2	38,8	5,2	»	»
15 — — 21 —	54,6	44,1	6,4	13,7	18,9
22 — — 28 —	53,8	43,9	7,6	14,7	16,3
1er mars. . . — 7 mars. . . .	53,1	49,1	7,5	15,1	16,4
8 — — 14 —	55,4	47,5	11,3	16,5	20,7
15 — — 21 —	32,5	33,7	9,0	10,1	13,1
22 — — 28 —	39,7	38,8	10,8	10,2	12,4
29 — — 4 avril. . . .	41,7	41,2	8,9	10,3	14,1
5 avril. . . . — 11 —	58,5	55,9	11,4	12,1	16,7
12 — — 18 —	53,1	42,1	11,4	11,7	14,8
19 — — 25 —	34,8	40,6	12,4	8,2	13,9
26 — — 2 mai	41,8	34,1	9,9	7,3	10,0
3 mai. . . . — 9 —	50,9	41,2	7,6	6,8	10 0
10 — — 16 —	56,7	47,5	9,9	»	»
17 — — 23 —	56,5	47,8	10,2	»	»
24 — — 30 —	46,3	39,5	10,9	9,8	10,5
31 — — 6 juin	48,5	38,3	10,8	11,3	11,9
7 juin . . . — 13 —	55,3	42,7	11,4	11,0	13,0
14 — — 20 —	64,1	46,9	13,4	11,2	13,4
21 — — 27 —	52,0	39,3	9,8	11,8	12,2
Moyenne :					
3 août 1908 au 14 février 1909 .	46,8	44,9	7,2	»	»
15 février au 27 juin 1909 . . .	51,0	42,9	10,1	10,1	12,5

Dans une eau d'égout du système unitaire, on observe toujours de très grandes variations dans la pollution : ainsi l'oxygène absorbé en 4 heures a varié pour l'eau brute de 32,4 à 64,2. C'est pourquoi des analyses effectuées quotidiennement pendant un certain temps peuvent seules permettre de juger les résultats obtenus (graph. n° 1).

Les coefficients d'épuration calculés sur les deux périodes, l'une de 6 mois et demi et l'autre de 4 mois et demi ont été :

	Effluent des lits bactériens à percolation. N° 1.	N° 2.	N° 3.
1re période.	85 0/0	»	»
2e période	80 0/0	80 0/0	76 0/0

2° Oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation à



Graphique n° 2. — Oxygène absorbé en 3 minutes.

Avant incubation.	Après incubation.	
————————	—•—•—•—•—	Effluent des lits à percolation anciens.
- - - - - - -	•-•-•-•-•	— nouveaux. N° 1.
═══════	═•═•═•═	— — N° 2.

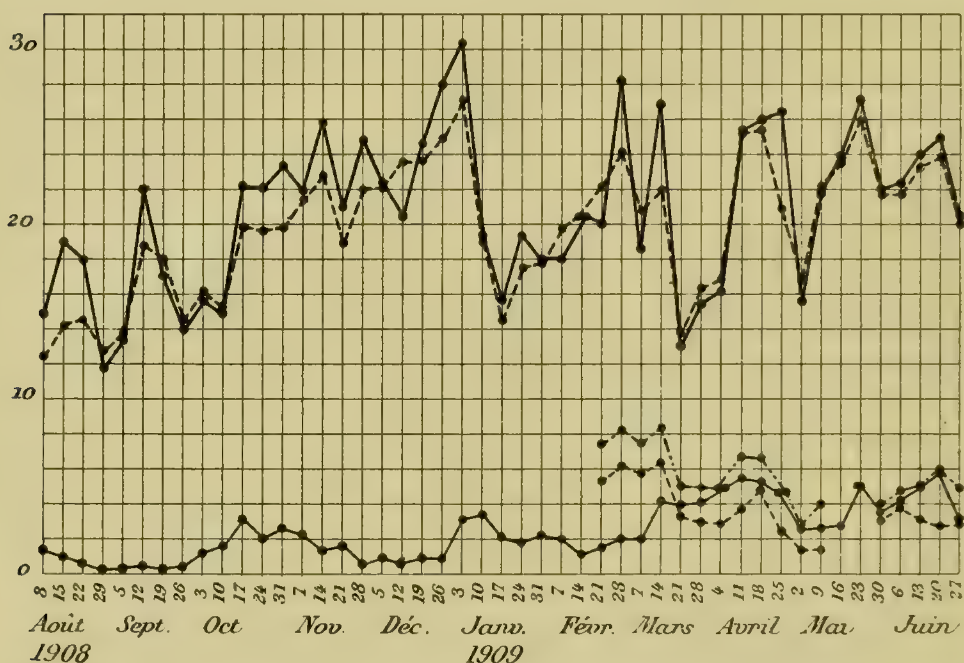
Oxygène absorbé en 3 minutes.
Effluents des lits bactériens à percolation.

DATES	1		2		3	
	AVANT L'INCUBATION	APRÈS L'INCUBATION	AVANT L'INCUBATION	APRÈS L'INCUBATION	AVANT L'INCUBATION	APRÈS L'INCUBATION
3 août. . . au 8 août 1908.	4,0	5,0	»	»	»	»
9 — — 15 —	3,6	3,5	»	»	»	»
16 — — 22 —	2,5	1,9	»	»	»	»
23 — — 29 —	1,5	1,5	»	»	»	»
30 — — 5 septembre	1,6	1,5	»	»	»	»
6 septembre — 12 —	1,7	1,1	»	»	»	»
13 — — 19 —	1,8	1,9	»	»	»	»
20 — — 26 —	1,9	2,1	»	»	»	»
27 — — 3 octobre. .	2,6	2,2	»	»	»	»
4 octobre. . — 10 —	3,1	2,1	»	»	»	»
11 — — 17 —	3,8	3,3	»	»	»	»
18 — — 24 —	2,7	2,2	»	»	»	»
25 — — 31 —	2,2	2,5	»	»	»	»
1er novemb. — 7 novembre	2,0	1,6	»	»	»	»
8 — — 14 —	3,0	2,1	»	»	»	»
15 — — 21 —	2,0	1,6	»	»	»	»
22 — — 28 —	2,2	1,7	»	»	»	»
29 — — 5 décembre.	2,2	1,5	»	»	»	»
6 décembre — 12 —	2,0	2,0	»	»	»	»
13 — — 19 —	2,0	1,7	»	»	»	»
20 — — 26 —	2,0	1,8	»	»	»	»
27 — — 3 janv. 1909	3,1	2,3	»	»	»	»
4 janvier. . — 10 —	3,1	2,3	»	»	»	»
11 — — 17 —	2,3	2,6	»	»	»	»
18 — — 24 —	2,4	2,1	»	»	»	»
25 — — 31 —	2,7	2,1	»	»	»	»
1er février.. — 7 février . .	2,6	2,4	»	»	»	»
8 — — 14 —	1,6	1,2	»	»	»	»
15 — — 21 —	3,2	2,5	6,2	5,7	7,7	5,9
22 — — 28 —	2,3	2,1	5,5	4,6	6,3	7,2
1er mars . . — 7 mars. . .	2,6	2,3	6,1	4,3	6,3	6,9
8 — — 14 —	4,1	3,1	6,2	4,6	8,3	7,5
15 — — 21 —	3,1	2,2	3,7	3,4	5,5	4,4
22 — — 28 —	3,9	2,8	3,8	2,9	4,6	4,5
29 — — 4 avril . . .	2,6	2,9	3,8	3,0	6,0	3,9
5 avril . . . — 11 —	4,7	3,2	4,4	3,5	6,7	6,1
12 — — 18 —	4,1	2,9	4,7	3,8	5,9	4,5
19 — — 25 —	4,7	4,1	2,9	3,2	5,4	4,3
26 — — 2 mai. . . .	3,1	2,6	2,6	2,4	3,7	3,4
3 mai . . . — 9 —	2,5	2,4	2,6	2,0	3,8	2,6
10 — — 16 —	2,9	2,9	»	»	»	»
17 — — 23 —	3,8	3,6	»	»	»	»
24 — — 30 —	4,1	3,7	4,5	3,3	4,5	3,7
31 — — 6 juin . . .	4,5	3,3	5,2	3,5	5,0	3,6
7 juin. . . . — 13 —	4,1	3,5	4,1	3,5	4,9	4,0
14 — — 20 —	4,9	4,2	4,3	3,9	5,6	4,9
21 — — 27 —	3,5	3,0	4,0	4,0	4,5	4,0
Moyenne :						
3 août 1908 au 14 février 1909	2,4	2,1	»	»	»	»
15 février au 27 juin 1909 . .	3,6	3,0	4,4	3,6	5 5	4,8

l'étuve à 30 degrés (Incubator test). — Le tableau ci-après et le graphique n° 2 montrent que, pendant toute l'année, aucun effluent n'a été putrescible. Les moyennes générales ont été :

	Effluents des lits bactériens à percolation.					
	N° 1.		N° 2.		N° 3.	
	avant	après	avant	après	avant	après
1re période	2,4	2,1	»	»	»	»
2e période	3,6	3,0	4,4	3,6	5,5	4,8

3° **Ammoniaque libre ou saline.** — Le taux moyen d'ammoniaque a été sensiblement supérieur dans l'eau brute à ce qu'il



Graphique n° 3. — Ammoniaque libre ou saline.

- ———— Eau brute.
- – – – – – Effluent des fosses septiques.
- ———— — lits à percolation anciens.
- - - - - - - — — nouveaux. N° 1.
- -·-·-·- — — — N° 2.

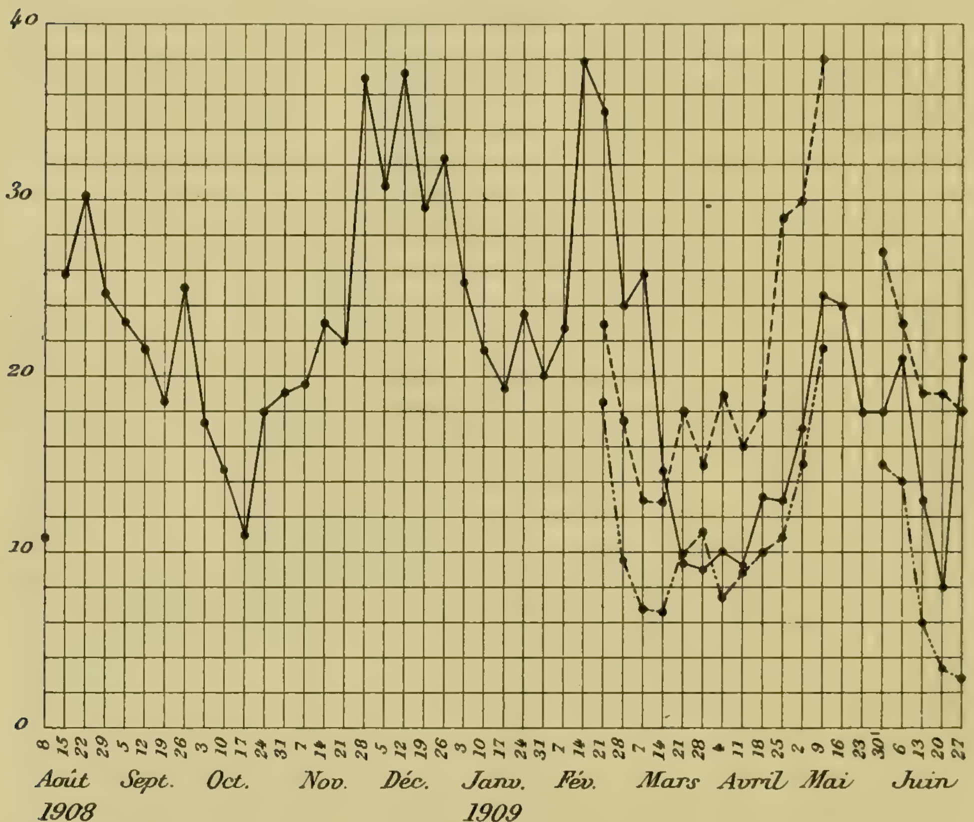
était l'an dernier (graph. n° 5). Les coefficients d'épuration comparés à l'effluent des fosses septiques ont été :

	Effluents des lits bactériens à percolation.		
	N° 1.	N° 2.	N° 3.
1re période	92,1 0/0	»	»
2e période	81,8 0/0	82,7 0/0	72,4 0/0

Ammoniaque libre ou saline en AzH^3.

DATES	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	EFFLUENT DES LITS A PERCOLATION 1	2	3
3 août . . . au 8 août 1908 .	14,8	12,5	1,3	»	»
9 — — 15 —	19,0	14,2	1,1	»	»
16 — — 22 —	18,0	14,5	0,6	»	»
23 — — 29 —	11,9	12,9	0,3	»	»
30 — — 5 septembre.	13,5	13,6	0,3	»	»
6 septembre — 12 —	22,1	18,8	0,4	»	»
13 — — 19 —	17,0	18,0	0,3	»	»
20 — — 26 —	14,0	14,5	0,4	»	»
27 — — 3 octobre . .	15,7	16,2	1,2	»	»
4 octobre . . — 10 —	14,8	14,9	1,6	»	»
11 — — 17 —	21,2	19,9	3,1	»	»
18 — — 24 —	21,1	19,7	2,0	»	»
25 — — 31 —	23,3	19,9	2,6	»	»
1er novembre — 7 novembre .	21,9	21,4	2,2	»	»
8 — — 14 —	25,8	23,6	1,4	»	»
15 — — 21 —	21,0	19,0	1,6	»	»
22 — — 28 —	24,9	22,0	0,6	»	»
29 — — 5 décembre .	22,3	22,1	0,9	»	»
6 décembre. — 12 —	20,5	23,7	0,7	»	»
13 — — 19 —	24,6	25,7	0,9	»	»
20 — — 26 —	28,0	24,9	0,9	»	»
27 — — 3 janv. 1909 .	30,2	27,1	3,1	»	»
4 janvier . . — 10 —	19,3	19,1	3,4	»	»
11 — — 17 —	15,7	14,5	2,1	»	»
18 — 24 —	19,3	17,5	1,9	»	»
25 — — 31 —	19,0	18,8	2,2	»	»
1er février. — 7 février. . .	19,0	19,8	2,0	»	»
8 — — 14 —	20,5	20,5	1,1	»	»
15 — — 21 —	20,0	22,2	1,6	5,3	7,5
22 — — 28 —	28,1	24,2	2,0	6,2	8,5
1er mars. . . — 7 mars. . . .	18,6	20,8	2,0	5,9	7,5
8 — — 14 —	26,8	22,0	4,2	6,3	8,4
15 — — 21 —	13,0	13,9	4,0	3,3	5,0
22 — — 28 —	15,4	16,5	4,1	3,0	5,0
29 — — 4 avril. . . .	16,1	16,9	4,9	2,9	4,9
5 avril. . . . — 11 —	25,4	25,3	5,5	3,7	6,7
12 — — 18 —	26,0	25,5	5,3	4,8	6,5
19 — — 25 —	26,3	20,9	4,7	2,3	4,7
26 — — 2 mai	15,6	16,8	2,6	1,5	2,8
3 mai . . . . — 9 —	21,9	22,2	2,7	1,5	4,0
10 — — 16 —	23,9	23,6	2,9	»	»
17 — — 23 —	27,1	26,0	3,0	»	»
24 — — 30 —	22,1	21,7	3,5	3,1	4,1
31 — — 6 juin	22,3	21,7	4,2	3,8	4,7
7 juin. . . . — 13 —	24,0	23,3	5,1	3,2	5,1
14 — — 20 —	24,8	23,9	6,0	2,7	6,0
21 — — 27 —	20,5	20,0	3,1	2,8	5,1
Moyenne :					
3 août 1908 au 14 février 1909	19,9	18,8	1,5	»	»
15 février au 27 juin 1909. . .	22,0	21,4	3,9	3,7	5 7

4° et 5° **Nitrates et nitrites.** — Bien que la disparition de l'ammoniaque ait été toujours très importante (graph. n° 4),



Graphique n° 4. — Nitrates.

——————— Effluent des lits bactériens à percolation anciens.
- - - - - - — — nouveaux. N° 1.
-··-··-··- — — — N° 2.

la nitrification fut moins active, comme le montrent les moyennes suivantes :

	Effluents des lits bactériens à percolation.					
	N° 1.		N° 2.		N° 3.	
	nitrates	nitrites	nitrates	nitrites	nitrates	nitrites
1re période. . .	23,6	0,4	»	»	»	»
2e période	16,8	0,5	20,9	1,3	10,5	1,1

6° **Matières en suspension dans l'eau brute.** — Nous avons déterminé, pendant les périodes d'analyses complètes, les quantités de matières organiques et minérales en suspension

Effluents des lits bactériens à percolation.

DATES	1		2		3	
	NITRATES	NITRITES	NITRATES	NITRITES	NITRATES	NITRITES
3 août. . . au 8 août 1908.	10,8	1,03	»	»	»	»
9 — — 15 —	25,8	0,5	»	»	»	»
16 — — 22 —	30,2	0,3	»	»	»	»
23 — — 29 —	24,7	0,0	»	»	»	»
30 — — 5 septembre	25,1	tr.	»	»	»	»
6 septembre — 12 —	21,5	tr.	»	»	»	»
13 — — 19 —	18,7	0,7	»	»	»	»
20 — — 26 —	25,0	0,4	»	»	»	»
27 — — 3 octobre. .	17,5	0,3	»	»	»	»
4 octobre. . — 10 —	14,6	tr.	»	»	»	»
11 — — 17 —	11,0	0,7	»	»	»	»
18 — — 24 —	18,0	0,2	»	»	»	»
25 — — 31 —	19,0	tr.	»	»	»	»
1er novemb. — 7 novembre.	19,6	tr.	»	»	»	»
8 — — 14 —	23,0	tr.	»	»	»	»
15 — — 21 —	22,0	tr.	»	»	»	»
22 — — 28 —	37,0	tr.	»	»	»	»
29 — — 5 décembre.	30,7	tr.	»	»	»	»
6 décembre — 12 —	37,3	0,2	»	»	»	»
13 — — 19 —	29,7	0,0	»	»	»	»
20 — — 26 —	32,4	0,3	»	»	»	»
27 — — 3 janv. 1909	25,3	tr.	»	»	»	»
4 janvier. . — 10 —	21,6	tr.	»	»	»	»
11 — — 17 —	19,3	0,1	»	»	»	»
18 — — 24 —	23,7	0,8	»	»	»	»
25 — — 31 —	20,0	0,4	»	»	»	»
1er février.. — 7 février . .	22,7	0,8	»	»	»	»
8 — — 14 —	38,0	0,0	»	»	»	»
15 — — 21 —	35,0	tr.	23,0	1,0	18,5	1,0
22 — — 28 —	24,0	0,0	17,6	1,5	9,7	1,5
1er mars . . — 7 mars. . .	25,9	tr.	13,0	1,3	6,7	1,3
8 — — 14 —	14,6	tr.	13,0	1,4	6,7	1,7
15 — — 21 —	9,4	tr.	18,0	0,5	9,9	0,6
22 — — 28 —	9,1	0,9	15,0	0,7	11,2	0,7
29 — — 4 avril . . .	10,0	tr.	19,0	tr.	7,4	0,3
5 avril . . . — 11 —	9,4	1,0	16,0	0,5	9,0	0,5
12 — — 18 —	13,2	0,5	18,0	1,2	10,0	1,4
19 — — 25 —	13,0	0,0	29,0	tr.	10,9	0,7
26 — — 2 mai. . . .	17,0	tr.	30,0	0,7	15,0	0,6
3 mai. . . . — 9 —	24,5	0,0	38,0	1,4	21,5	1,9
10 — — 16 —	24,0	tr.	»	»	»	»
17 — — 23 —	18,0	1,2	»	»	»	»
24 — — 30 —	18,0	2,0	27,0	1,5	15,0	1,2
31 — — 6 juin . . .	21,0	0,6	23,0	1,9	14,0	1,5
7 juin . . . — 13 —	13,0	0,6	19,0	1,3	6,1	1,3
14 — — 20 —	8,0	0,9	19,0	2,3	3,4	1,5
21 — — 27 —	21,0	0,6	18,0	5,3	2,9	1,9
Moyenne :						
3 août 1908 au 14 février 1909	23,6	0,4	»	»	»	»
14 février au 27 juin 1909 . .	16,8	0,5	20,9	1,3	10,5	1,1

dans l'eau brute. Cette détermination est très difficile, pour ne pas dire impossible, à effectuer d'une façon rigoureuse, et on n'en peut tirer que des indications sur la plus ou moins grande quantité de ces matières.

Nous noterons que la décantation a toujours été parfaite dans les fosses septiques dont les effluents ne contenaient que des traces, au plus quelques milligrammes, de matières en suspension.

Boues. — Par suite de l'enlèvement de la couverture d'une de nos fosses septiques, comme nous l'avons indiqué l'an dernier, nous avons été obligé de curer à fond cette fosse pour y enlever tous les matériaux qui l'auraient encombrée. Nous pouvons donc avoir une approximation sensiblement exacte de l'envasement qui a pu s'y produire.

Nous avons, par des sondages, évalué la quantité de boues déposées dans la fosse : cette méthode employée par les ingénieurs des services de la navigation, permet une approximation suffisante du volume de boues à enlever. D'après le profil obtenu, ce volume a été, en un an, de 53 m^3,5, soit environ un cinquième du volume total de la fosse.

Comme la même quantité de boues a dû se déposer dans l'autre fosse, il y avait donc à évacuer 107 mètres cubes. D'après nos très nombreuses analyses antérieures, le dragage permet l'évacuation des boues à 80 pour 100 d'eau environ. Le poids des boues sèches, accumulées pendant un an, a donc été de 21 400 kilogrammes, qui, ayant perdu par fermentation environ 20 pour 100 de leur poids, proviennent de 26 750 kilogrammes de boues introduites comptées à l'état sec.

Le dragage que nous avons fait effectuer a permis l'enlèvement d'environ 77 mètres cubes de boues humides qui ont été déversées dans notre ancien bassin collecteur. Nous espérions qu'elles s'y seraient séchées, mais notre attente a été trompée, car ces boues n'ont abandonné que peu d'eau, le fond du bassin étant imperméable. Il est donc indispensable, pour sécher les boues, de les déposer dans des bassins en terre perméable ou de créer un sous-sol poreux avec des scories.

7° **Oxydabilité à chaud au permanganate** (Matières orga-

niques en solution). — Cette méthode d'évaluation de la matière organique totale en solution dans les eaux est loin d'être parfaite, elle permet cependant, par comparaison, d'obtenir une appréciation de l'importance de la destruction des matières organiques pendant l'épuration.

Les coefficients d'épuration ont été :

	Effluents des lits bactériens à percolation.					
	N° 1.		N° 2.		N° 3.	
	Sol. acide	Sol. alcaline	Sol. acide	Sol. alcaline	Sol. acide	Sol. alcaline
Par rapport à l'eau brute :						
1re période	86,8 %	82,6 %	»	»	»	»
2e période	85,9 %	78,4 %	81,5 %	72,7 %	76,2 %	66,5 %
Par rapport aux effluents des fosses septiques :						
1re période	85,2 %	82,0 %	»	»	»	»
2e période	85,2 %	78,0 %	77,8 %	72,3 %	71,7 %	66,0 %

8° **Azote organique**. — Les eaux d'égout de la Madeleine contiennent généralement des quantités assez faibles d'azote organique, et il est combiné à des produits difficilement destructibles, ce qui explique que, même dans les cas les plus favorables, on en retrouve dans les eaux épurées.

Les coefficients de minéralisation de l'azote organique ont été :

	Effluents des lits bactériens à percolation.		
	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Par rapport à l'eau brute :			
1re période	79,9 %	»	»
2e période	61,7 %	61,0 %	49,9 %
Par rapport aux effluents des fosses septiques :			
1re période	79,7 %	»	»
2e période	61,2 %	60,1 %	47,7 %

9° **Carbone organique**. — Nous avons remarqué, les années précédentes, que le carbone organique dissous diminue le plus souvent après le passage dans les fosses septiques. Il en a été de même cette année. Nous notons quatre diminutions, dont une très faible et deux augmentations, dont une très faible.

Pendant la période du 30 novembre au 6 décembre 1908, les dosages n'ont pu être effectués.

Les coefficients d'épuration ont été :

	Effluents de lits bactériens à percolation: N° 1.	N° 2.	N° 3.
Par rapport à l'eau brute :			
1re période	90,3 %	»	»
2e période	78,2 %	72,0 %	63,8 %
Par rapport aux effluents des fosses septiques :			
1re période	89,6 %	»	»
2e période	75,9 %	68,7 %	59,5 %

10° **Alcalinité.** — Nous avons continué à faire cette détermination, et nous pouvons constater que les résultats sont analogues à ceux de l'année précédente, c'est-à-dire que l'alcalinité augmente légèrement dans l'eau par son passage dans la fosse septique, puis diminue fortement, après épuration par les lits bactériens à percolation. La moyenne des résultats de la deuxième période (exprimés en carbonate de chaux) donne :

	Par litre.
Eau brute	0gr,454
Effluent des fosses septiques	0gr,466
— lits bactériens n° 1	0gr,384
— — n° 2	0gr,335
— — n° 3	0gr,358

La diminution d'alcalinité a été, par rapport à l'eau brute, pour les effluents des lits bactériens de :

N° 1	15,5 %
N° 2	26,2 %
N° 3	22,1 %

Ces résultats ne sont pas ceux que nous attendions, à deux points de vue : les lits n° 1 sont composés uniquement de mâchefers, tandis que les lits nos 2 et 3 sont composés d'un mélange de mâchefers et de pierres calcaires, et nous pensions que ces dernières se dissolvraient en partie ; il ne semble pas que cela se soit produit, vu que la diminution de l'alcalinité est plus grande pour ces derniers que pour les premiers.

Il semblait aussi que la diminution d'alcalinité fût fonction de la production des nitrates, au moins dans une certaine mesure, en considérant les nitrates comme les témoins de l'oxydation produite dans les lits bactériens. Cela serait vrai pour les lits n° 1 et n° 2, mais il reste à trouver une autre explication pour le lit n° 3.

*
* *

Pendant les cinq périodes d'analyses complètes nous avons dosé, avant et après incubation, les nitrates, nitrites et ammoniaque.

Lit bactérien ancien. — L'ammoniaque est toujours en dimi-

Analyse des effluents des lits bactériens avant et après 7 jours d'incubation à 30°.

PÉRIODES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES		AMMONIAQUE		NITRATES		NITRITES	
	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS
Lit bactérien ancien.								
19 au 24 janv. 1909. .	2,4	2.1	1,9	0,8	24,0	25,0	0,8	1.6
22 au 28 février . . .	2,3	2,1	2,0	1,2	24,0	29,0	0,0	0,9
29 mars au 4 avril. .	2,6	2,9	4,9	3,0	10,0	11,0	tr.	2,2
26 avril au 2 mai . .	3,1	2.6	2,6	2.3	17,0	18,0	tr.	1,8
8 au 14 juin	3.9	3,6	5,1	4.9	12.0	3,0	0,6	1,2
Moyenne	2,9	2,7	3,3	2,4	17,4	17,2	0,5	1,5
Lit bactérien nouveau n° 1.								
22 au 28 février . . .	5,5	4,6	6.2	6,4	17,6	7,5	1,5	0,7
29 mars au 4 avril. .	3,8	3,0	2,9	3,1	19,0	14,0	tr.	1,9
26 avril au 2 mai . .	2,6	2,4	1,5	0,5	30.0	35.6	1,4	0,5
8 au 14 juin	4,0	3,7	3,2	2,6	19.0	14,0	1,2	2,9
Moyenne	4,0	3,4	3.5	3,1	21,4	17,8	1,0	1,5
Lit bactérien nouveau n° 2.								
22 au 28 février. . .	6,3	7,2	8.3	7,1	9,7	3,0	1,5	0,6
29 mars au 4 avril. .	6,0	3.9	4,9	5,4	7.4	2,1	0,3	1,8
26 avril au 2 mai. . .	3,7	3,4	2,8	4,5	15,0	13,5	0,6	3,0
8 au 14 juin.	5,1	4,4	5,2	5.1	5.2	0,7	1.2	1.2
Moyenne	5.3	4,7	5,3	5,5	9,3	4,6	0,9	1,6

nution en moyenne de 3,3 à 2,5. L'oxydation de la matière organique se poursuit même en flacons bouchés à l'abri de l'air, mais il arrive (période du 8 au 14 juin) qu'elle s'effectue aux dépens des nitrates. Cependant en moyenne générale les composés oxygénés de l'azote ont augmenté après incubation.

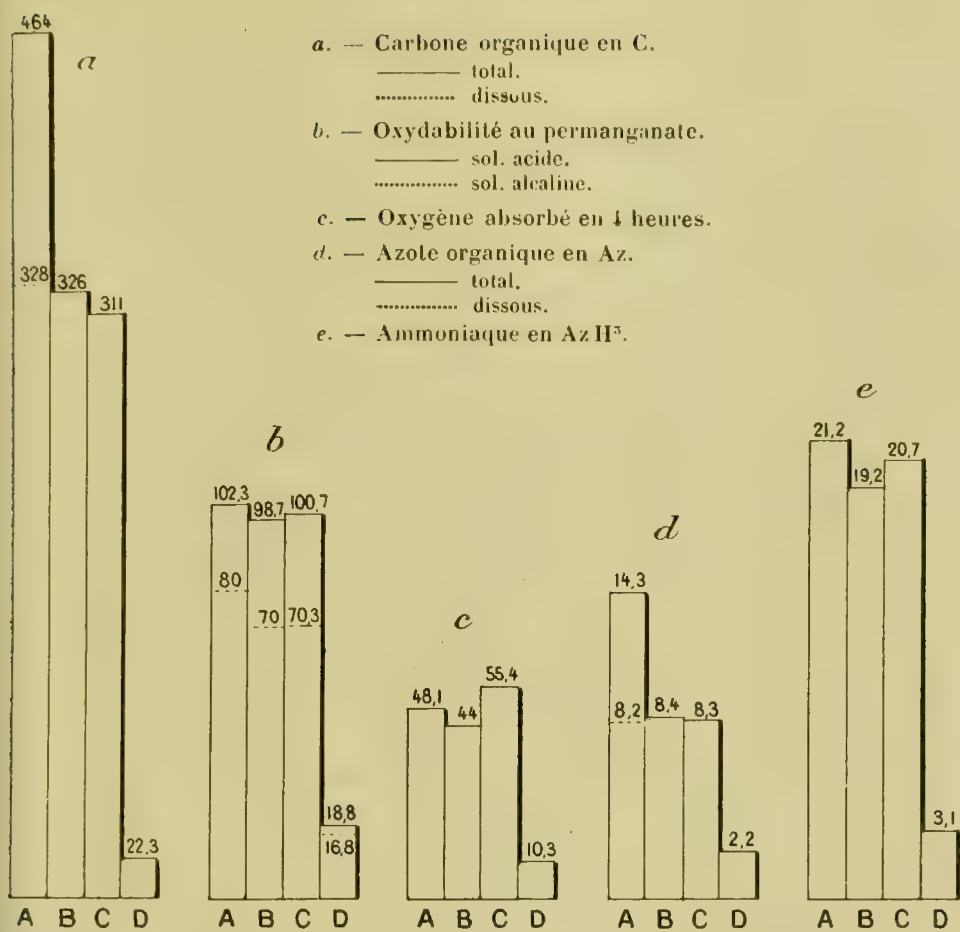
Lit bactérien nouveau n° 1. — L'ammoniaque a légèrement augmenté pendant les deux premières périodes mais diminué sensiblement pendant les deux dernières, ce qui donne une diminution moyenne de 3,5 à 3,1.

Lit bactérien nouveau n° 2. — On constate une diminution de l'ammoniaque dans deux périodes, la première et la dernière et une augmentation dans les deux autres, si bien que la moyenne donne une augmentation faible de 5,3 à 5,5. Les nitrates ont diminué de moitié en moyenne avec formation de nitrites parfois importante.

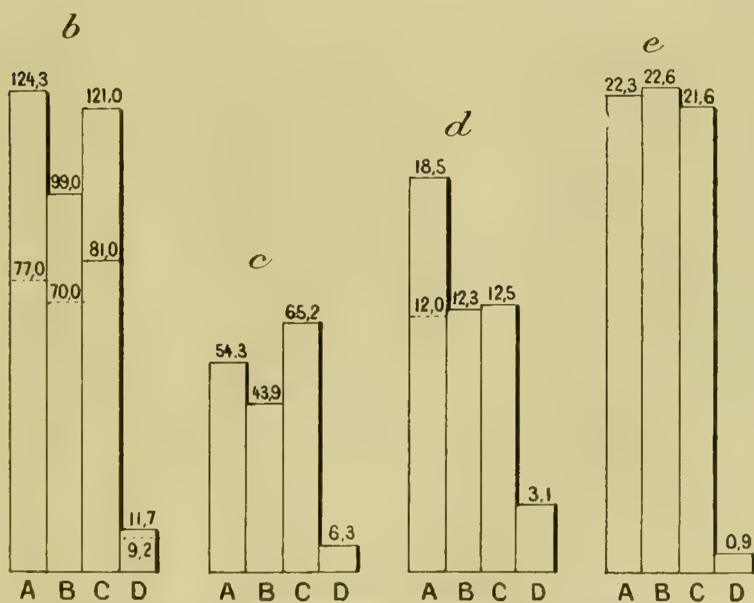
Il est à remarquer que même dans le plus mauvais exemple (période du 8 au 14 juin pour le lit bactérien nouveau n° 2) les composés oxygénés de l'azote ont persisté, ce qui montre que l'épuration était suffisante, bien qu'à la sortie du lit elle pût sembler imparfaite.

*
* *

Nous présentons ici sous forme de graphiques (n°s 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12) les résultats moyens fournis par les analyses complètes de sept périodes de sept jours et les résultats moyens fournis par les analyses quotidiennes de onze mois consécutifs du 4 août 1908 au 27 juin 1909.

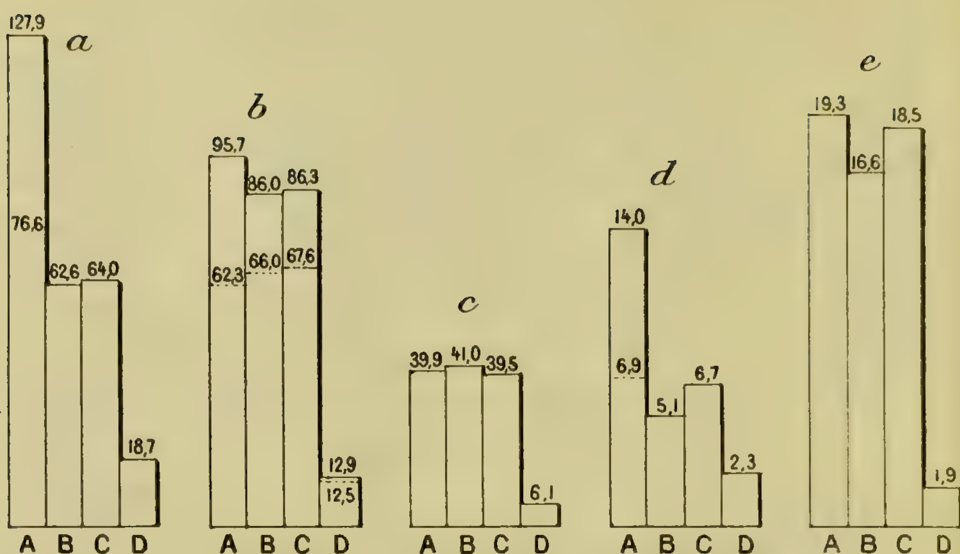


Graphique n° 5. — Analyses du 11 au 17 octobre 1908.



Graphique n° 6. — Analyses du 30 novembre au 6 décembre 1908.

A. Eau brute. — B. Effluent de la fosse septique n° 1. — C. Effluent de la fosse septique n° 2.
D. Effluent des lits à percolation anciens.



Graphique n° 7. — Analyses du 17 au 23 janvier 1909.

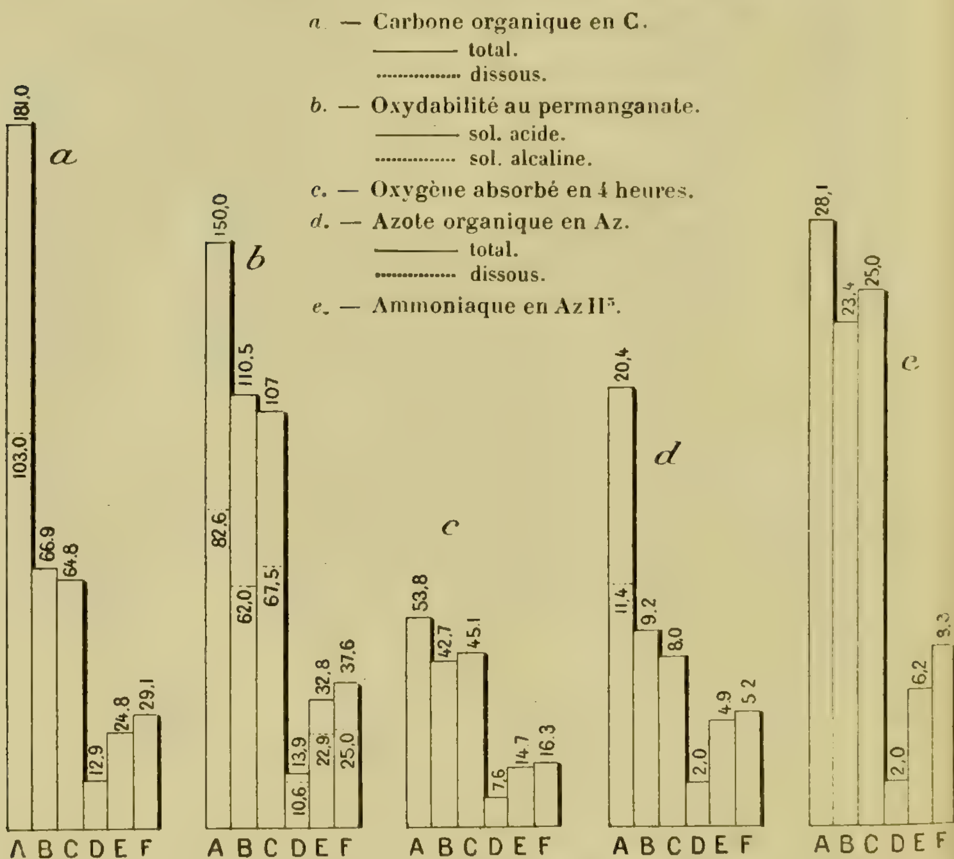
a. — Carbone organique en C.
——— total.
········· dissous.

b. — Oxydabilité au permanganate.
——— sol. acide.
········· sol. alcaline.

c. — Oxygène absorbé en 4 heures.

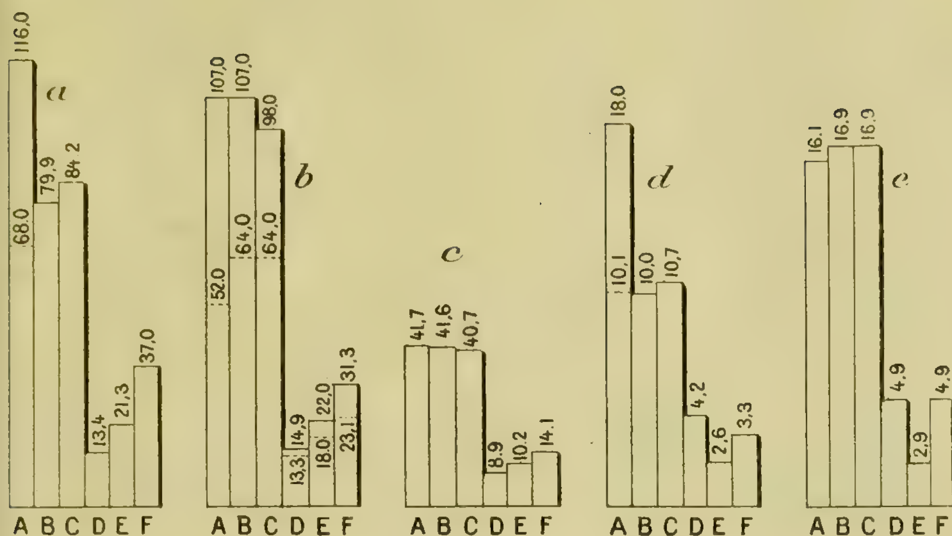
d. — Azote organique en Az.
——— total.
········· dissous.

e. — Ammoniaque en AzH^3.



Graphique n° 8. — Analyses du 21 au 27 février 1909.

A. — Eau brute.
B. — Effluent de la fosse septique. N° 1.
C. — — N° 2.
D. — Effluent des lits à percolation anciens.
E. — — nouveaux. N° 1.
F. — — — N° 2.



Graphique n° 9. — Analyses du 28 mars au 5 avril 1909.

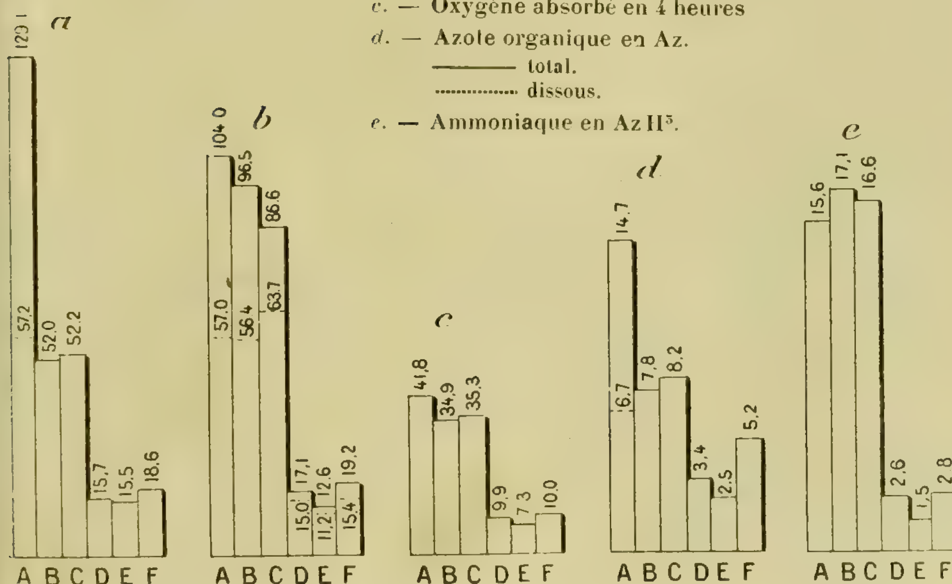
a. — Carbone organique en C.
——— total.
········· dissous.

b. — Oxydabilité au permanganate.
——— sol. acide.
········· sol. alcaline.

c. — Oxygène absorbé en 4 heures

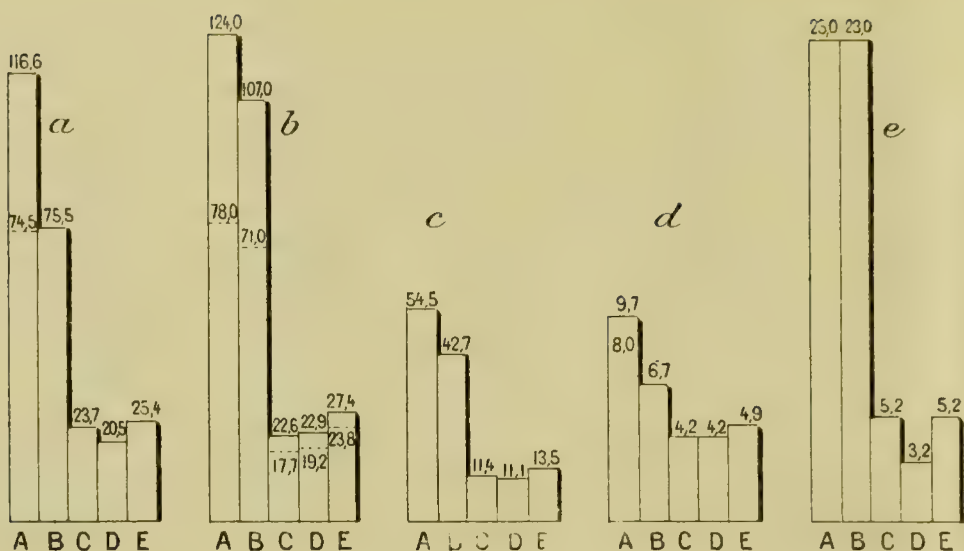
d. — Azote organique en Az.
——— total.
········· dissous.

e. — Ammoniaque en AzH^3.



Graphique n° 10. — Analyses du 23 avril au 1er mai 1909

A. — Eau brute.
B. — Effluent de la fosse septique. N° 1.
C. — — N° 2.
D. — Effluent des lits à percolation anciens.
E. — — nouveaux. N° 1.
F. — — — N° 2.



Graphique n° 11. — Analyses du 8 au 14 juin 1909.

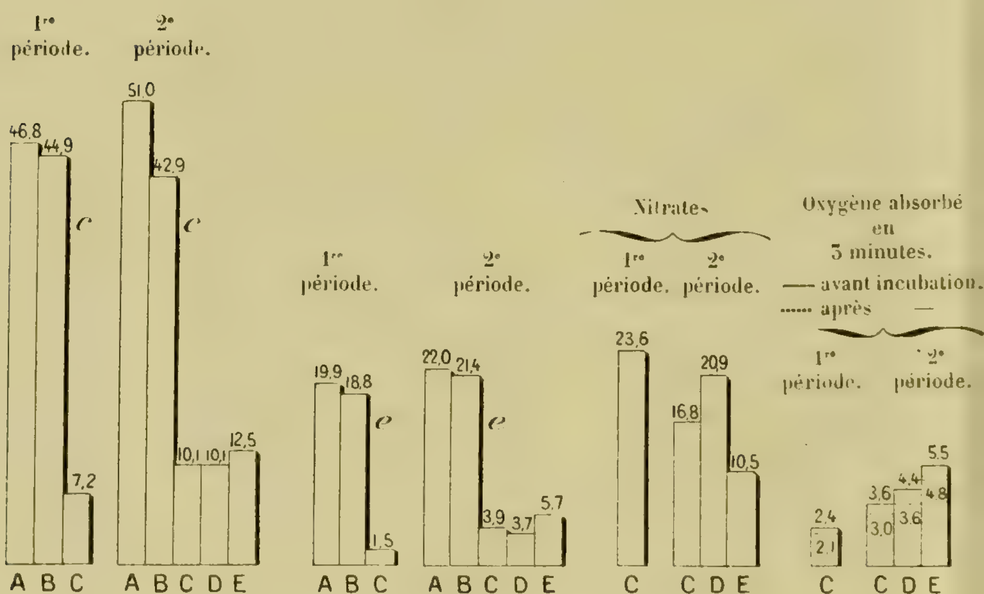
a. — Carbone organique en C.
——— total.
.... dissous.

b. — Oxydabilité au permanganate.
——— sol. acide.
.... sol. alcaline.

c. — Oxygène absorbé en 4 heures.

d. — Azote organique en Az.
——— total.
.... dissous.

e. — Ammoniaque en $Az H^3$.



Graphique n° 12. — Moyennes annuelles.

A. — Eau brute.
B. — Effluent des fosses septiques.
C. — Effluent des lits à percolation anciens.
D. — — nouveaux. N° 1.
E. — — — N° 2.

CHAPITRE III

ÉTUDE COMPARATIVE DES RÉSULTATS OBTENUS POUR L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT DE LA MADELEINE PAR LES LITS BACTÉRIENS DE CONTACT ET LES LITS BACTÉRIENS A PERCOLATION

Nous avons déjà montré combien étaient grandes les variations dans la composition des eaux d'égout, en particulier celles des villes industrielles comme La Madeleine. Pour porter un jugement sur un procédé d'épuration de ces eaux, il est donc indispensable d'étudier les résultats d'analyses aussi fréquentes que possible (quotidiennes dans notre laboratoire), et d'en tirer les moyennes générales.

La transformation des anciens lits à percolation que nous réalisons actuellement, et que nous décrirons dans le prochain chapitre, nous incite à résumer les résultats que nous avons obtenus jusqu'à présent pour l'épuration des eaux d'égout par l'emploi des lits bactériens, soit de contact, soit à percolation.

Nous avons résumé dans le tableau II les *coefficients d'épuration* obtenus pendant chaque période par rapport à l'eau brute ou par rapport à l'effluent des fosses septiques.

Pour plus de rigueur dans les calculs, nous avons établi ces pourcentages seulement sur les matières dissoutes ou colloïdales, éliminant les matières en suspension dont la détermination est trop sujette à erreurs.

Nous avons réuni dans un second tableau (III) ce que nous avons appelé les *témoins d'oxydation* : ce sont les moyennes des déterminations de l'oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation et des dosages des nitrates et des nitrites (ces derniers depuis 1906 seulement).

Nous n'avons pas voulu, dans ces tableaux déjà trop char-

Tableau II. — **Coefficients centésimaux d'épuration des Lits bactériens.**

		RAPPORTÉS A L'EAU BRUTE					RAPPORTÉS A L'EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES				
		LITS DE CONTACT				LITS A PERCOLATION	LITS DE CONTACT				LITS A PERCOLATION
		1er CONTACT		2e CONTACT			1er CONTACT		2e CONTACT		
		A	B	A	B		A	B	A	B	
Oxygène absorbé en 4 heures	1904-1805. . . .	»	»	»	»	»	48,5	48,5	58,6	58,6	»
	1er semestre 1906	»	55,8	»	55,6	66,0	»	41,7	»	58,0	67,8
	1906-1907. . .	»	48,2	»	66,9	85,0	»	42,7	»	65,7	81,2
Ammoniaque	1904-1905. . . .	»	»	»	»	»	49,1	46,5	72,4	67,0	»
	1er semestre 1906	»	54,5	»	61,6	67,0	»	59,6	»	64,7	69,7
	1906-1907. . . .	»	41,5	»	67 5	90,1	»	45,5	»	68,7	90,9
			Acide / Alcaline		Acide / Alcaline	Acide / Alcaline	Acide / Alcaline	Acide / Alcaline	Acide / Alcaline	Acide / Alcaline	Acide / Alcaline
Oxydabilité.	1904-1905. . . .	»	» / »	»	» / »	» / »	39,9 / 42,4	42,2 / 38,8	65,5 / 55,6	64,8 / 58,5	» / »
	1er semestre 1906	»	41,0 / 50,0	»	60,0 / 69,0	77,0 / 79,0	» / »	45,0 / 52,0	» / »	65,0 / 70,0	77,0 / 80,0
	1907-1908. . . .	»	52,0 / 58,0	»	71,0 / 75,0	88,0 / 88,0	» / »	45,0 / 44,0	» / »	65,0 / 64,0	86,0 / 84,0
Azote organique	1904-1905. . . .	»	»	»	»	»	25,5	24,4	47,9	44,6	»
	1er semestre 1906	»	21,0	»	44,0	77,0	»	50,0	»	50,0	80,0
	1906-1907. . . .	»	3,0	»	25,0	68,0	»	28,0	»	42,0	76,0
					»	»	47,0	48,5	66,4	64,8	»

		ANCIEN		NOUVEAUX N° 1		NOUVEAUX N° 2		ANCIEN		NOUVEAUX N° 1		NOUVEAUX N° 2	
Oxygène absorbé en 4 heures	1er semestre 1906	66,0		»		»		67,6		»		»	
	1906-1907. . . .	85,0		»		»		81,2		»		»	
	1907-1908. . . .	86,0		»		»		85,5		»		»	
	1808-1909 :												
	1re période .	85,0		»		»		84,0		»		»	
	2e période .	80,0		80,0		76,0		76,5		76,5		60,9	
Ammoniaque.	1er semestre 1906	67,1		»		»		69,7		»		»	
	1906-1907. . . .	90,5		»		»		90,9		»		»	
	1907-1908 . .	92,1		»		»		92,3		»		»	
	1908-1909 :												
	1re période .	92,5		»		»		92,1		»		»	
	2e période .	82,5		85,2		74,1		81,8		82,7		75,4	
		Acide	Alcaline	Acide	Alcaline	Acide	Alcaline	Acide	Alcaline	Acide	Alcaline	Acide	Alcaline
Oxydabilité	1er semestre 1906	77,0	79,0	»	»	»	»	79,0	80,0	»	»	»	»
	1906-1907. . . .	88,0	88,0	»	»	»	»	86,0	84,0	»	»	»	»
	1907-1908. . . .	86,9	85,0	»	»	»	»	80,5	80,9	»	»	»	»
	1908-1909 :												
	1re période .	86,5	82,6	»	»	»	»	85,2	82,0	»	»	»	»
	2e période .	85,9	78,4	81,5	72,7	76,2	66,5	85,2	78,0	77,8	72,5	71,7	66,0
Azote organique	1er semestre 1906	77,0		»		»		80,0		»		»	
	1906-1907. . . .	68,0		»		»		76,0		»		»	
	1907-1908. . . .	67,9		»		»		60,7		»		»	
	1908-1909 :												
	1re période .	79,9		»		»		79,7		»		»	
	2e période .	61,7		61,0		49,9		61,2		60,1		47,7	
Carbone organique	1er semestre 1906	76,0		»		»		69,1		»		»	
	1906-1907. . . .	81,7		»		»		76,8		»		»	
	1907-1908. . . .	78,9		»		»		77,5		»		»	
	1908-1909 :												
	1re période .	90,5		»		»		89,6		»		»	
	2e période .	78,2		72,0		85,8		75,9		68,7		39,7	

Tableau III. — **Témoins d'oxydation.**

OXYGÈNE ABSORBÉ EN 5 MINUTES — *a* avant incubation. *b* après incubation.

	Oxygène — Lits de contact — 1er contact — A — *a*	1er contact — A — *b*	1er contact — B — *a*	1er contact — B — *b*	2e contact — A — *a*	2e contact — A — *b*	2e contact — B — *a*	2e contact — B — *b*	Lit à percolation — *a*	Lit à percolation — *b*	Nitrates — Lits de contact — 1er contact — A	1er contact — B	2e contact — A	2e contact — B	Nitrates — Lit à percolation
											—	—	—	—	
1904-1905.	5,5	5,2	5,9	5.1	3,5	3,0	3,7	2,9	»	»	5,8	4,7	17	13.7	»
1er semestre 1906. .	»	»	5,2	6,6	»	»	3,8	3,2	2,8	3,0	»	5,6	»	15,5	22.9
1906-1907.	»	»	5,6	7,4	»	»	3.6	2,9	1,67	1,58	»	4,2	»	16,4	33,8

	Lits bactériens à percolation — Anciens — *a*	Anciens — *b*	Nouveaux — N° 1 — *a*	N° 1 — *b*	N° 2 — *a*	N° 2 — *b*	Lits bactériens à percolation — Anciens — Nitrates	Anciens — Nitrites	Nouveaux — N° 1 — Nitrates	N° 1 — Nitrites	N° 2 — Nitrates	N° 2 — Nitrites
1er semestre 1906. .	2,79	3,04	»	»	»	»	22,9	trac.	»	»	»	»
1906-1907.	1,67	1,58	»	»	»	»	33.8	0,84	»	»	»	»
1907-1908.	2,5	2,3	»	»	»	»	32,0	0,4	»	»	»	»
1908-1909 1re période	2,4	2,1	»	»	»	»	23,6	0,4	»	»	»	»
— 2e période	3,6	3,0	4,4	3,6	5,5	4,8	16,8	0.5	20,9	1,3	10,5	1,1

gés, faire entrer un facteur pourtant si important : les volumes d'eau traités par jour et par mètre carré de surface de lit.

Ces volumes ont été de :

	Litres en 24 heures.	Remplissages par 24 heures.
	—	—
Lits de contact 1904-1905	330 à 500	2 à 3
1905-1906	165 à 500	1 à 3
1906-1907	165	1
	Moyenne.	Maximum.
	—	—
Lits à percolation 1906 (1er semestre).	557 litres.	980 litres.
1906-1907.	500 —	930 —
1607-1908	500 —	1 000 —
1908-1907	450 —	1 000 —

1° Lits de contact.

Si l'on examine les résultats obtenus pendant la période de trois années, de juillet 1904 à juin 1907, on constate immédiatement que, pour les eaux d'égout de la Madeleine, un seul contact ne permet pas d'obtenir une épuration suffisante. Le plus souvent il reste dans l'effluent la moitié des matières organiques, quelquefois les deux tiers et même plus, et la quantité de nitrates formés est toujours insuffisante pour parfaire l'épuration. Cependant, le régime pendant les deux premières années fut de un ou deux remplissages par jour, exceptionnellement trois remplissages pendant une période très courte, ce qui porte à un taux très faible la quantité d'eau traitée par jour et par mètre carré de surface de lit (compté sur 1 mètre de profondeur).

Par contre, l'effluent des lits de deuxième contact, bien que non complètement épuré, l'a toujours été suffisamment pour qu'il ne fût plus putrescible, les nitrates ayant été assez abondants pour terminer l'oxydation de la matière organique. Cet effluent pouvait être rejeté sans danger de contamination, dans un cours d'eau.

2° Lits à siphons percolateurs.

Depuis la mise en service de nos premiers lits bactériens à siphons percolateurs, la quantité d'eau traitée par mètre

carré et par jour a été sensiblement la même, c'est-à-dire de 500 litres en moyenne, avec 1000 litres comme maximum. Nous rappelons que ces lits ont environ 1 m. 50 de hauteur. Les tableaux montrent que la comparaison des résultats obtenus par les lits à siphons percolateurs avec ceux des lits de contact est tout à l'avantage des premiers, malgré (et nous insistons sur ce point qui est de la plus grande importance pour la dépense de premier établissement) que le volume d'eau traité sur 1 mètre carré de surface de lit à siphon percolateur eût toujours été de deux à trois fois supérieur à celui traité sur la même surface de lit de contact.

Nous rappellerons à ce sujet le résumé donné par *Sidney Barwise* (1), que nous modifions quelque peu d'après nos expériences, montrant les avantages et les inconvénients de ces deux modes de traitement :

LITS DE CONTACT.	LITS PERCOLATEURS.
1° Les lits de contact doivent être construits en maçonnerie *étanche*, ce qui entraîne nécessairement des frais considérables.	Les lits percolateurs sont moins coûteux à construire parce qu'ils n'ont pas besoin d'être supportés par des murs en maçonnerie.
2° Un double contact est indispensable pour obtenir une épuration suffisante.	Ils donnent des résultats beaucoup plus satisfaisants et toujours un effluent plus limpide.
3° Le volume d'air qui pénètre dans un lit de contact est seulement égal au volume d'eau d'égout traité ; par suite l'oxydation y est limitée.	Le volume d'air qui pénètre dans les scories peut être au moins égal à cinq fois le volume d'eau d'égout traité. Cette eau, qui ruisselle sur les matériaux en lame mince, est toujours intimement mélangée à l'air : par suite l'oxydation y est beaucoup plus active.
4° L'eau d'égout, noyant les scories du lit de contact, tend sans cesse à y produire des tassements.	Si le lit percolateur est bien construit, il ne s'y produit aucune détérioration ; les scories de la surface s'effritent seules avec le temps, mais cet inconvénient pourrait être évité par l'emploi de matériaux moins fragiles.
5° Les lits à double contact permettent de traiter au maximum 500 *litres d'eau d'égout par mètre carré et par jour.*	Les lits percolateurs peuvent facilement traiter *au moins un mètre cube d'eau d'égout par mètre carré et par jour*, soit au moins 2 fois plus que les lits de double contact.

Lorsque nous avons entrepris ces expériences et ces démonstrations, la plupart des dispositifs employés actuellement

(1) Ces recherches, t. II, p. 46.

pour obtenir la répartition la plus égale possible de l'eau à la surface des lits percolateurs étaient inventés. Mais, frappés du prix élevé de ces appareils et de la fragilité de certains d'entre eux, nous avons résolu d'aller, d'étape en étape, de la méthode la plus simple à la plus compliquée, avec l'espérance de trouver un dispositif moyen qui, sans présenter tous les avantages des appareils les plus perfectionnés, en aurait suffisamment pour permettre d'obtenir les résultats demandés.

Tout d'abord, le liquide évacué par les chasses était simplement réparti par des rigoles peu profondes, creusées parallèlement les unes aux autres et espacées d'environ 0 m. 60 sur toute la longueur du lit bactérien. Nous n'avons pas tardé à nous convaincre que ce système de distribution était défectueux ; l'intensité et la rapidité des chasses entraînaient trop souvent les matériaux les plus légers vers l'extrémité des rigoles, de sorte que celles-ci se déformaient et finissaient par se colmater.

Pour obvier à cet inconvénient, nous avons adopté des canaux couverts, formés de simples briques creuses, alignées bout à bout, sans rejointoiement, sur toute la longueur des rigoles. Celles-ci fonctionnèrent très bien pendant 6 mois. Mais, au moment des grands froids que nous eûmes à subir durant la saison d'hiver, la gelée les fit éclater, de sorte que la répartition devint inégale, et il fallut songer à trouver un moyen de répartition plus pratique.

Nous décidâmes alors d'expérimenter, pour chacun de nos six siphons de chasse, un système différent :

1° *Gouttières en bois* goudronné en forme de V, coupées d'un trait de scie dans l'angle, tous les 20 centimètres, et reposant directement sur les scories. Au début, l'infiltration se faisait très bien et très régulièrement par ces fentes. Mais au bout de quelques jours, elles se bouchèrent fréquemment, soit par l'apport des poussières, soit par la formation de zooglées microbiennes. On était par suite obligé de les nettoyer trop souvent et nous dûmes les écarter.

2° *Drains cylindriques* en terre cuite. Les drains étaient placés sur les scories bout à bout, sans rejointoiement, en lignes parallèles. Pour vérifier si la répartition de l'eau y était

convenable, nous intercalâmes tous les deux mètres, entre les extrémités contiguës de deux drains, des tuiles formant regards. Le dernier drain de chaque rang était obstrué par du mortier de façon à éviter que le flot puisse s'évacuer par l'extrémité du canal. Ces drains nous ont toujours donné satisfaction. Même par les grands froids (— 12°) que nous eûmes à subir en janvier et février 1907, ils sont restés intacts et ne se sont jamais obstrués. Quelques interstices se colmatent au bout d'un certain temps : il suffit de retourner les drains sur eux-mêmes sans les déplacer, de manière à mettre au-dessus la partie qui se trouvait au-dessous. Le prix des drains étant minime (90 francs le 1000) et leur durée paraissant illimitée, ce système de distribution semble à première vue le plus économique, en même temps que le plus robuste. Cependant, la pose des drains exige les plus grands soins et les tassements qui peuvent se produire à la surface des lits, par suite de l'effritement des scories, les déplacent à la longue sans qu'on puisse s'en apercevoir facilement. Il se produit alors des interstices trop grands qui laissent échapper l'eau en proportion considérable sur certains points seulement de la surface des lits. De plus, la surface de dispersion de l'eau par les interstices étant très limitée, il faut multiplier les lignes parallèles de drains, qui se trouvent ainsi à une distance d'environ 0 m. 50. Il y a donc lieu de disposer parallèlement un très grand nombre de drains, soit, au minimum, 6 drains 2/3 par mètre carré.

3° et 4° *Briques creuses* conservées pour comparaison.

5° *Tuiles larges à fond plat.* — Ces tuiles, que nous avons dû faire fabriquer tout exprès, étaient munies de couvercles mobiles. On ne pouvait utiliser les pannes faîtières du commerce, car, par expérience, nous avons reconnu qu'il était impossible d'en faire des conduites convenables dans un milieu non aggloméré comme les scories. Les tuiles mesuraient 0 m. 25 de longueur et les bords étaient relevés à angle de 45° sur 0 m. 10 de hauteur. Placées bout à bout sur toute la longueur des rigoles, avec une pente convenable, elles assuraient un écoulement facile au produit des chasses. Il était aisé de les visiter et de les balayer de temps en temps en enlevant leurs cou-

vercles. Malheureusement leur poids relativement considérable amena bientôt un tassement des scories sous-jacentes. Les interstices se bouchaient, ou bien, si on les écartait quelque peu, ils laissaient échapper trop de liquide, de sorte que la répartition devenait inégale. En résumé, mauvaise répartition et prix très élevé des tuiles.

6° *Tuyaux métalliques.* — Notre premier essai fut effectué avec des tubes de fer de 50 millimètres de diamètre intérieur, percés de chaque côté, tous les 25 centimètres, de trous circulaires en quinconces, larges de 6 millimètres. L'orifice de chacun de ces trous est dirigé de telle manière que l'eau se trouve projetée latéralement à angle d'environ 45°. D'autres trous espacés d'un mètre les uns des autres sont placés sur le plancher même des tubes, de manière à assurer leur vidange complète après chaque chasse. L'extrémité est obturée par un bouchon. Les tubes parallèles, espacés de 0 m. 65, étaient tous reliés au canal de distribution du siphon par un large cylindre creux muni de bouches verticales d'aération. Placés directement sur les scories ils laissent facilement écouler le liquide sous une pression qui varie suivant la hauteur de chute du réservoir de chasse et qui diminue au fur et à mesure que ce dernier se vide. Les jets, d'abord écartés, retombent à environ 0 m. 40 de chaque côté, puis se rapprochent pour finir en minces ruisselets baveurs. La répartition s'effectue ainsi d'une manière très satisfaisante. Elle eût été meilleure encore avec des becs pulvérisateurs, mais l'emploi de ces derniers exige une pression d'au moins 1 m. 50 dont nous ne disposions pas à la Madeleine.

Ces divers dispositifs de répartition ont été utilisés successivement, et en dernier lieu notre grand lit bactérien percolateur ne supportait que des rigoles en drains pour cinq siphons et des tubes en fer pour un siphon.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus de janvier 1906 à décembre 1908, pendant trois ans, ont été toujours excellents, comme le montrent les hauts coefficients d'épuration obtenus.

Nous remarquons ensuite une diminution très nette dans le pouvoir épurateur de ce lit pendant le premier semestre 1909.

Nous l'attribuons à l'effritement des scories qui amène un tassement exagéré des matériaux et par suite la formation de voies (ou renards), qui entraînent trop rapidement les eaux vers l'évacuation. Cet effritement nous a contraints, en 1908, à faire piocher le lit, mais cette méthode est tout à fait condamnable, car on facilite ainsi la pénétration des poussières dans la profondeur du lit. Il n'y aurait qu'un remède : changer les scories de la surface à certaines époques, tous les deux ou trois ans, par exemple, suivant la texture des scories employées. Mais il en résulterait d'assez fortes dépenses. Il nous a donc paru préférable de chercher à utiliser d'autres matériaux mieux capables de résister aux intempéries. C'est pourquoi nous avons imaginé de construire un lit bactérien formé de cellules rectangulaires en briques, enfermant des fragments de calcaire et des briquettes de tourbe compacte.

Ayant reconnu que les drains et les tuyaux métalliques perforés permettaient d'obtenir de bons résultats d'épuration, nous avons fait établir, en remplacement de deux lits de contact, deux lits à percolation d'égale surface, composés de matériaux identiques, et dont la différence essentielle était que l'un était alimenté par des drains, l'autre par des tubes de fonte perforés. Les drains sont en lignes parallèles espacées de 0 m. 50; les tuyaux de fonte perforés, comme nous l'avons décrit plus haut, sont en lignes parallèles espacées de 1 m. 55. Dans le but de donner une plus grande charge au moment de l'évacuation du syphon dans les tubes, nous avons dû abaisser la hauteur du lit à 1 m. 55, tandis qu'elle restait à 1 m. 50 pour le lit alimenté par les drains. Les résultats montrent d'une façon très nette que l'emploi de tubes donne une épuration de beaucoup plus parfaite que celui des drains. De plus, dans les conditions de notre expérience, le prix d'établissement est sensiblement le même dans les deux cas. Nous n'hésitons donc pas à conclure qu'on aura toujours de grands avantages à employer les tubes de fonte. Ces tubes se trouvent en toutes dimensions dans le commerce; leur rejointoiement peut se faire très économiquement avec de simples bandes de toile goudronnée, et la fonte se montre de plus très résistante à l'oxydation. La pose est facile et le nettoyage est très simple, car il suffit au moment d'une chasse de déboucher l'extrémité

d'un tube et de recevoir le flot dans un seau. Enfin, avec des trous de 5 millimètres, l'obturation est accidentelle (moins de 1 pour 100 par semaine), et encore avons-nous souvent remarqué que les trous obstrués se débouchaient spontanément au début d'une chasse. L'entretien est donc simple et facile, car il suffit de regarder pendant les chasses pour savoir quels trous doivent être nettoyés.

CHAPITRE IV

NOUVEAUX DISPOSITIFS POUR L'INSTALLATION DE LITS BACTÉRIENS PERMANENTS A LA MADELEINE

Nous avons signalé dans le chapitre Ier que, dès le début de l'année 1909, les résultats d'épuration, obtenus dans le grand lit bactérien à percolation alimenté par les siphons Geneste-Herscher construit depuis 3 ans, bien qu'étant encore très satisfaisants, devenaient moins bons.

Pour nous rendre compte de l'état des matériaux dans ce lit, nous avons fait pratiquer une saignée qui nous a montré que les scories non seulement étaient un peu salies par les matières en suspension ou colloïdales provenant des eaux d'égout, mais encore s'étaient effritées considérablement. La cause de cet effritement provient du peu de résistance des scories que nous avions pu nous procurer à Lille et dans les environs, et qui, provenant des usines du pays, étaient trop friables. Sous l'influence du tassement et des alternatives d'aération et de mouillage elles ont fini par se désagréger.

Ces mêmes inconvénients ont été signalés dans la plupart des installations anglaises. A *Manchester* en particulier, les scories des lits de contact ont dû être lavées et criblées de nouveau après une période de cinq années.

Or cette manipulation est assez coûteuse, car il est nécessaire de remplacer tous les déchets. Il faut donc l'éviter, surtout pour les petites installations où il n'existe aucun lit bactérien de réserve et où l'on doit évacuer sans épuration les eaux usées lorsque la remise en état des matériaux du lit devient indispensable. Pour cette raison nous avons cru nécessaire d'expérimenter des matériaux moins friables, suscep-

tibles de remplacer les scories, tout en permettant d'obtenir une épuration effective.

Pour ces essais nous avons décidé de diviser le grand lit bactérien à percolation, alimenté par 6 siphons Geneste Herscher, en 6 lits bactériens à percolation indépendants les uns des autres.

Les planches III et IV donnent les plans et coupes de l'installation expérimentale de la Madeleine ainsi transformée

L'effluent des fosses septiques s'écoule comme précédemment par la canalisation $\lambda\mu$ établie le long de notre ancien bassin collecteur, puis dans une autre rigole perpendiculaire à la précédente, qui alimente directement les réservoirs de chasse EFGHIK à gauche et les réservoirs LMNO à droite.

C'est la partie de gauche de l'ancien lit qui a été divisée en 6 lits bactériens à percolation, alimentés chacun par un des réservoirs EFGHIK. Ces lits, numérotés de 1 à 6, sont complètement séparés les uns des autres par un mur qui s'élève jusqu'à quelques centimètres au-dessus de la surface des matériaux du lit ; chaque section mesure ainsi 4 m. 20 de large, 10 mètres de longueur à la surface et 11 mètres au fond. Elle est terminée en talus soutenu par un mur ajouré de 0 m. 85 de haut. La hauteur totale des matériaux est ainsi de 1 m. 40. Le fond est en pente régulière vers les petites rigoles *r* qui, après avoir traversé respectivement les bassins d'échantillonnage *efghik*, rejoignent la rigole commune d'évacuation des effluents R.

L'effluent des fosses septiques, après avoir été chassé des réservoirs, est réparti sur les matériaux au moyen de tubes en fonte identiques à ceux décrits dans le précédent volume et qui nous ont fourni les meilleurs résultats.

Le lit bactérien n° 1 est composé de tourbe de la Somme en briquettes telles qu'elles sont fournies au commerce, mélangées à environ 1/3 de leur volume de morceaux de pierre calcaire de la grosseur d'un œuf.

Le lit bactérien n° 2 est composé de briques cassées en fragments de la grosseur d'un œuf de poule mélangées aux mêmes pierres calcaires dans la proportion de 3 parties de briques pour 1 de pierres calcaires.

Les lits bactériens numéros 3, 4 et 5 ont été gardés tels

provisoirement et permettront de continuer l'expérience de durée des scories.

Le lit bactérien n° 6 (fig. 1) est de forme toute nouvelle. Nous l'avons construit avec des briques entières disposées les unes horizontalement, les autres verticalement par couches

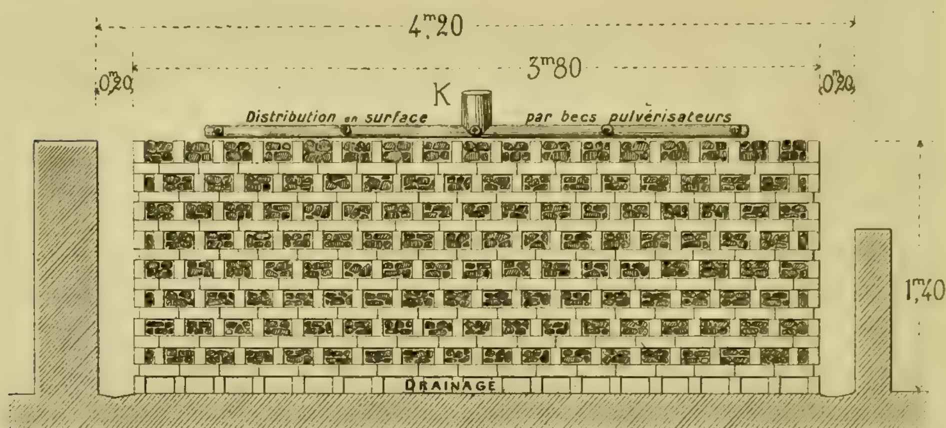


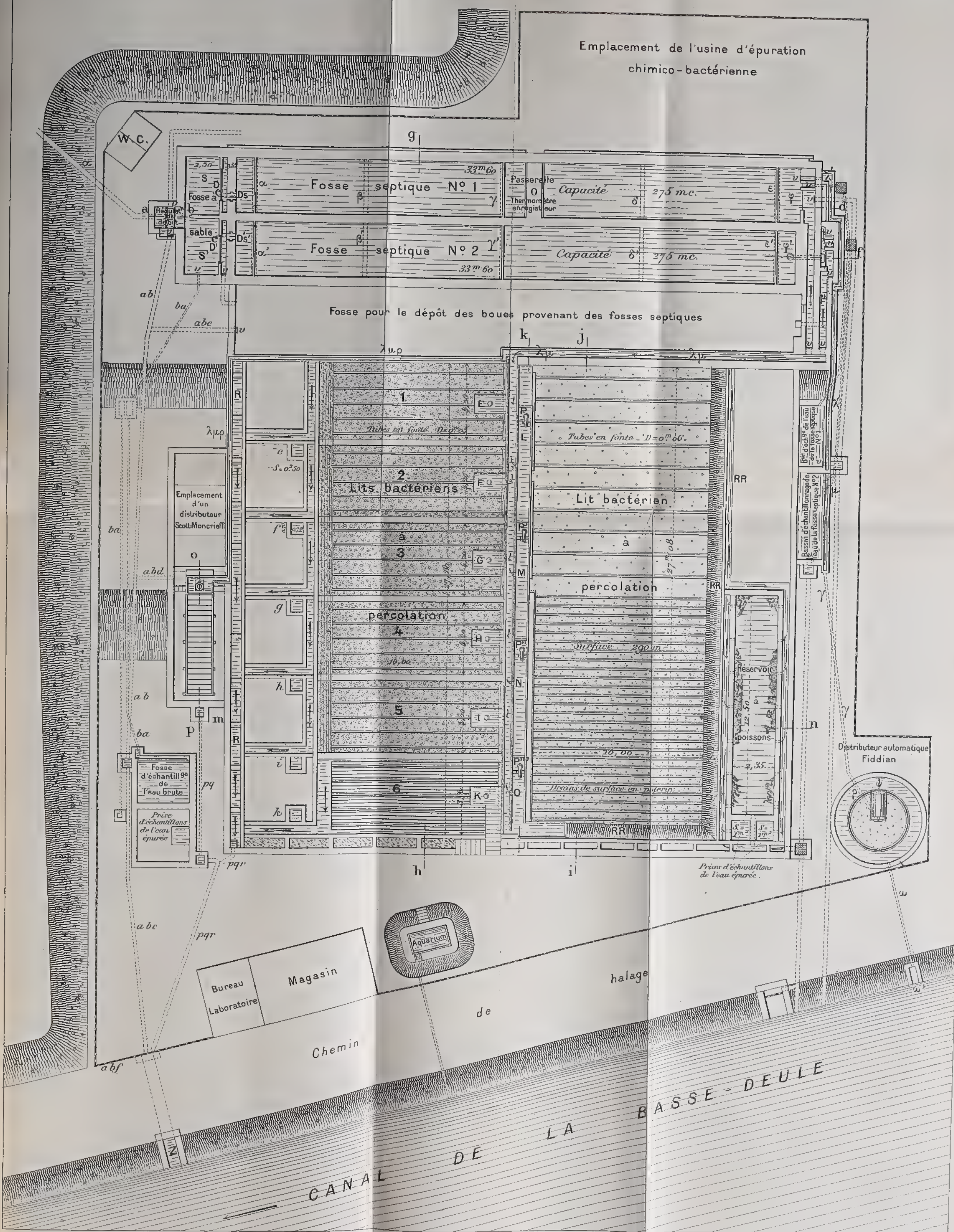
Fig. 1. — Nouveau lit bactérien permanent de la Madeleine (briques, tourbe et calcaire).

alternatives en quinconces, laissant entre elles des espaces vides rectangulaires dans chacun desquels on a placé des briquettes de tourbe et quelques fragments de calcaire.

Il est évident qu'un tel lit sera de construction plus coûteuse, mais les briques entières qui le constituent sont inusables, et s'il est nécessaire de remplacer au bout de quelques années la tourbe et le calcaire des cellules, le travail sera très facile et beaucoup moins onéreux que lorsqu'il s'agit de laver les scories, de les cribler et d'en renouveler une bonne partie

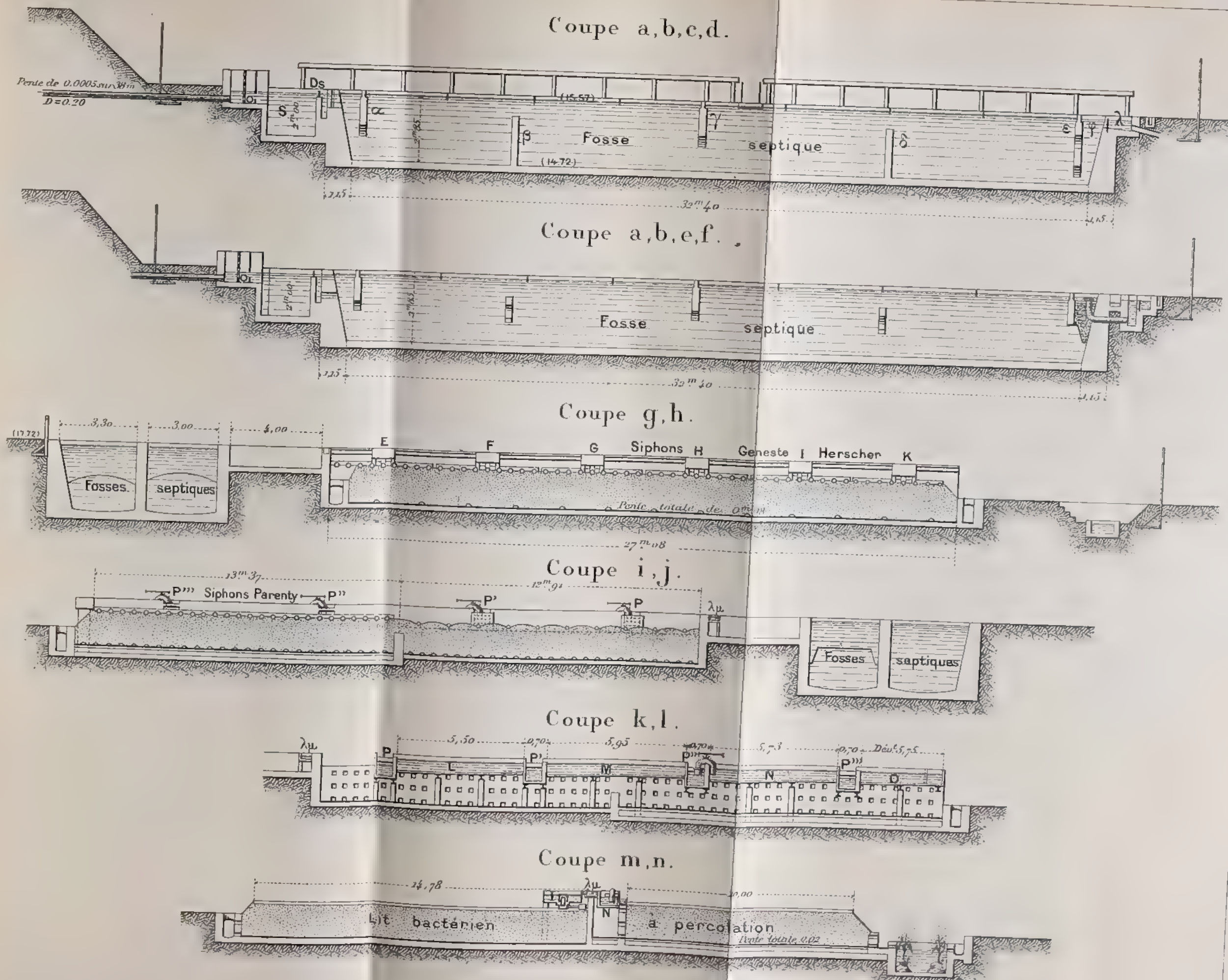
Cette disposition est représentée en coupe dans la figure 1. Ce lit n° 6 aura comme dimensions : largeur 3 m. 80, longueur 10 mètres, hauteur 1 m. 40. La largeur est un peu moins grande que celle des autres lits, mais il sera plus largement aéré.

C'est grâce à l'obligeant concours de M. Saunier, conducteur des ponts et chaussées, que ces transformations ont pu être réalisées dans les meilleures conditions. Nous saisissons avec empressement l'occasion qui nous est offerte de le remercier de nouveau pour la collaboration toute dévouée qu'il ne cesse d'apporter à nos travaux.



E. Morieu, Gr. Imp. Dufrénoy, Paris.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.



E. Morieu, Gr.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

Lith. Dufrénoy, Paris.

CHAPITRE V

RECHERCHES SUR L'UTILISATION DE LA TOURBE DANS LES LITS BACTÉRIENS

Nos premières expériences[1] d'épuration d'eaux d'égout par la tourbe ne nous avaient donné que de mauvais résultats. Nous en avons eu l'explication par une communication nouvelle de MM. *Müntz* et *Lainé* qui précisaient que, dans leurs essais, ils avaient employé de la tourbe noire de la Somme, tandis que notre lit était constitué de scories et de tourbe mousseuse de Hollande. Cette dernière tourbe se feutre et se tasse très rapidement, si bien que les eaux, ayant la plus grande difficulté à les traverser, se répandent sur les bords du lit et, ne le traversant pas, ne subissent aucune épuration.

Une deuxième expérience[2] dans laquelle nous avons employé de la tourbe de la Somme mélangée de calcaire dans un lit bactérien de laboratoire de trop faible diamètre, ne nous donna pas de résultats sensiblement meilleurs.

Nous avons repris ces essais cette année à la station expérimentale de la Madeleine en employant un mélange de 3 parties de tourbe et 1 partie de pierres calcaires en morceaux de la grosseur d'un œuf, placé dans un appareil de *Scott-Moncrieff*.

*
* *

L'appareil Scott-Moncrieff (fig. 2) se compose d'une cuve en tôle galvanisée A d'une hauteur de 7 pieds anglais (2 m. 13) avec une longueur de 3 pieds (0 m. 91) et une largeur de 1 pied (0 m. 305), entourée d'une enveloppe en bois de façon

(1) Ces recherches 3e volume, p. 87.
(2) Ces recherches 4e volume, p. 50.

à conserver la température aussi égale que possible. Cette cuve est remplie de matériaux C qui reposent sur une plaque perforée B au fond, et s'élèvent sur une hauteur de 6 pieds (1 m. 84).

A intervalles verticaux de 1 pied (0 m. 305), se trouvent des gouttières en fer galvanisé Q, fermées à une extrémité, et

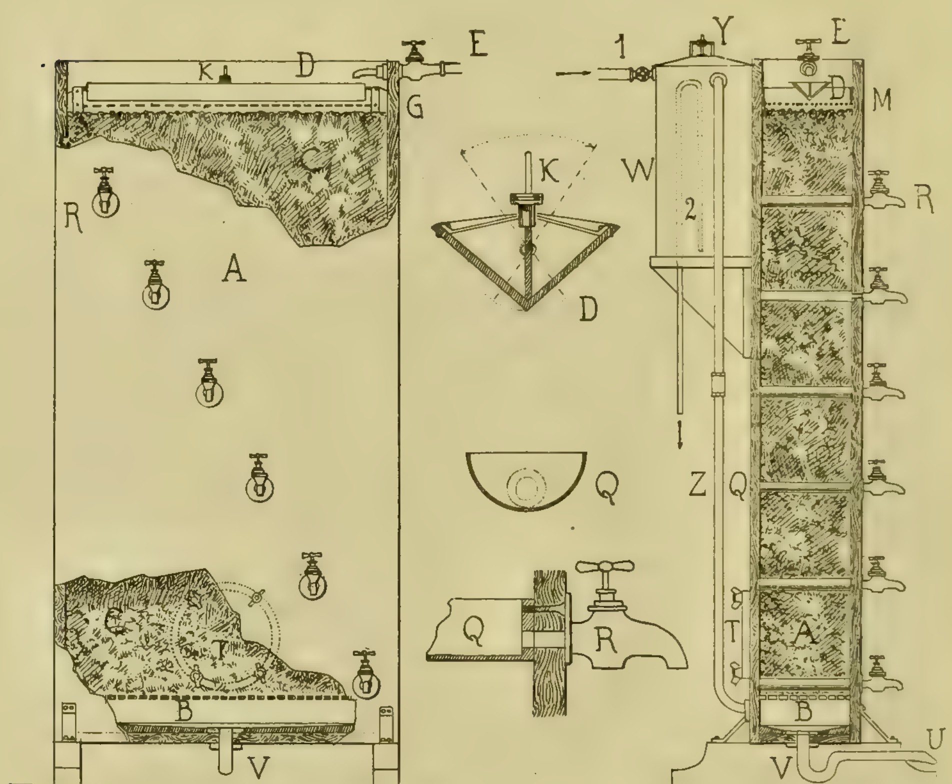


Fig. 2. — Appareil Scott-Moncrieff.

communiquant par l'autre avec l'extérieur par des robinets R placés sur le devant de l'appareil. On peut ainsi prélever des échantillons à 6 hauteurs différentes. Au-dessous de la plaque B se trouve un espace libre qui communique avec le drain U par le siphon V.

Il existe au bas de la cuve un trou d'homme avec un couvercle de bois T pour remplacer les matériaux après expérience. Un autre plateau perforé M est placé juste au-dessus de la surface des matériaux.

L'eau à traiter s'écoule en E d'un appareil régulateur qui n'est pas indiqué dans la figure et qui permet d'obtenir un

débit constant et mesuré. L'eau tombe dans un long auget triangulaire D supporté par des pivots GG. Cet auget est divisé longitudinalement en deux parties par un diaphragme vertical. Les pivots GG sont placés de telle manière que le centre de gravité de l'auget se trouve au-dessus de l'axe de rotation. Un petit poids F est placé sur une tige verticale de façon à régler la stabilité de l'auget.

L'eau s'écoulant de E remplit un des côtés de l'auget D jusqu'à ce qu'il bascule et déverse son contenu sur la plaque perforée M, d'où il se répand sur les matériaux. L'autre côté s'emplit à son tour, puis bascule et ainsi de suite. L'eau est ainsi déversée régulièrement et continuellement à la surface des matériaux.

Lorsqu'il est nécessaire de connaître le degré d'aération utile, l'air est aspiré de l'espace au-dessous de B par l'appareil W, par l'intermédiaire du tube Z muni d'une valve ne permettant pas le reflux de l'air en B. A la partie supérieure de l'aspirateur W se trouve une valve Y fonctionnant seulement de dedans au dehors. L'eau est introduite dans l'aspirateur par 1 et un siphon automatique 2 vide l'appareil.

Aussitôt que le siphon 2 fonctionne et que le niveau de l'eau dans l'aspirateur W diminue, une aspiration se produit dans le tube Z dont la valve s'ouvre, tandis que la valve Y reste fermée. Comme l'air ne peut passer par le siphon V il doit venir uniquement du filtre qui est par suite aéré. Quand l'aspirateur est vide d'eau, le siphon 2 se désamorce et l'eau qui arrive comprime l'air. Celui-ci ne peut refluer dans le filtre et s'échappe par la valve Y. Comme on connaît la capacité de l'aspirateur, la vitesse de l'aération peut être connue et réglée.

La surface des matériaux étant de 0 m^2 277, pour connaître le volume d'eau traité par mètre carré de surface, il suffit de multiplier le volume d'eau admis dans l'appareil par 3,61.

***

Dans le tableau suivant nous avons condensé les moyennes des résultats d'analyses de 5 périodes de 10 jours chacune. Nous avons rapporté les débits au taux par mètre carré et par jour. Il y a lieu de remarquer à ce sujet que le débit était absolument régulier la nuit comme le jour, ce qui n'arrive

Lits bactériens de tourbe et calcaire.

A. *Avant incubation.* — B. *Après incubation.*

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	APPAREIL SCOTT-MONCRIEFF											
			1		2		3		4		5		6	
			A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Débit de 1126 litres par mètre carré et par jour.														
Oxygène absorbé en 4 heures	46,9	40,2	32,5	44,4	9,8	8,5	11,2	9,7	7,5	7,0	7,4	6,8	7,8	6,8
— en 5 minutes	»	»	15,5	31,5	3,6	3,4	3,7	3,4	2,7	2,3	2,6	2,0	2,7	2,4
Ammoniaque	19,4	18,7	18,5	22,1	4,2	3,6	3,4	3,5	1,1	0,4	0,4	tr.	0,4	0,0
Nitrates	»	»	0,6	0,0	10,5	6,8	19,4	14,2	34,5	35,4	39,2	38,2	38,9	36,9
Nitrites	»	»	0,0	0,0	1,2	3,7	2,8	5,0	0,5	2,0	0,5	0,9	0,9	1,5
Débit de 1798 litres par mètre carré et par jour.														
Oxygène absorbé en 4 heures	41,1	31,9	27,5	37,8	7,4	6,7	8,1	7,7	6,0	5,4	5,9	5,5	6,2	5,5
— en 5 minutes	»	»	13,1	24,8	2,9	2,5	3,2	2,6	2,0	2,0	2,0	1,8	2,2	2,0
Ammoniaque	16,5	16,7	15,1	15 5	2,5	0,8	0,8	0,6	0,5	0,0	0,16	0,0	0,15	0,0
Nitrates	»	»	0,0	0,0	9,0	12,5	18,0	19,0	27,0	31,5	25,0	30,5	26,0	31,5
Nitrites	»	»	0,0	0,0	1,2	2,9	1,4	5,5	tr.	0,4	tr.	0,2	0,6	0,9
Débit de 5580 litres par mètre carré et par jour.														
Oxygène absorbé en 4 heures	45,6	35,9	30,2	47,5	9,7	8,0	9,5	8,7	6,8	6,4	6,2	5,9	6,9	6,0
— en 5 minutes	»	»	14,9	31,2	3,8	3,0	3,4	3,2	2,6	2,5	2,2	2,0	2,5	2,0
Ammoniaque	20,6	19,9	19,8	20,0	5,4	5,1	5,9	3,2	0,9	0,5	0,7	0,2	0,9	0,0
Nitrates	»	»	0,0	0,0	3,8	2,0	8,1	4,8	25,5	25,0	26,2	27,3	25,2	27,5
Nitrites	»	»	0,0	0,0	0,8	2,1	1,9	4,3	0,6	2,2	0,5	1,0	1,5	2,5

jamais dans la pratique des grandes installations. Les numéros correspondent aux hauteurs de prises d'échantillons : le n° 1 est l'effluent qui a traversé une épaisseur de 0 m. 30 de tourbe, le n° 2, 0,60 et ainsi de suite, le n° 6 étant l'effluent ayant traversé une épaisseur de 1 m. 80 de tourbe.

Nous n'avons pas pu expérimenter des débits plus importants, par suite de la situation de notre appareil placé en contrebas du sol et de l'exiguïté de la fosse d'écoulement de l'effluent qui venait baigner le bas de l'appareil.

Les résultats se sont montrés tout aussi remarquables que ceux qui avaient été publiés par MM. *Müntz* et *Lainé*. On voit que l'épuration est déjà très effective, même avec le grand débit de 3580 litres par mètre carré et par jour pour un lit d'une hauteur de 0 m. 60, et qu'avec un lit d'une hauteur de 1 m. 20 on obtient une épuration presque totale.

Ces essais vont être repris sur une beaucoup plus grande échelle avec les nouveaux lits que nous avons fait construire tout récemment et que nous avons décrits au chapitre IV. Ils nous permettront de nous rendre compte des conditions de perméabilité et de résistance de la tourbe exposée aux intempéries.

CHAPITRE VI

LES MATIÈRES ORGANIQUES COLLOÏDALES DANS LES EAUX D'ÉGOUT

Dans l'étude des procédés biologiques d'épuration des eaux d'égout, les matières colloïdales contenues dans ces eaux sont à considérer avec la plus grande attention. En effet, la matière organique qu'on y rencontre est sous trois états : l'état *solide*, l'état *colloïdal* et l'état *soluble*.

La plus grande partie des matières en suspension peut être éliminée des eaux par un dispositif approprié, et elles le seraient peut-être plus facilement sans la présence des matières colloïdales. Quant aux matières organiques solubles, elles sont, en général, à un état si voisin de leur désintégration finale, qu'elles sont facilement détruites par les agents microbiens.

Toutes les matières vivantes étant des colloïdes, il n'est pas étonnant d'en rencontrer dans les eaux d'égout qui contiennent tous les déchets de la vie. On peut s'en rendre compte très facilement par la simple filtration sur papier. Au début, le liquide passe trouble, mais rapidement, puis la filtration se ralentit de plus en plus et lorsque le liquide tombe goutte à goutte, il est limpide et transparent. Il se passe des phénomènes analogues dans les lits bactériens, et si l'effluent qui en sort est limpide, c'est que l'eau a pu abandonner, sur les matériaux dont se composent les lits, les matières organiques colloïdales qu'elle renfermait et qui concourent à lui donner très souvent son opalescence plus ou moins forte. Il est rare que ces matières colloïdales ainsi coagulées, par action de surface, sur les matériaux des lits bactériens, puis-

sent être détruites, minéralisées intégralement par les germes microbiens ou les animaux inférieurs; aussi, se produit-il du colmatage lorsque les matériaux sont fins, ou bien, si les matériaux sont volumineux, ces matières se détachent par morceaux et sont évacuées avec l'effluent.

Graham distingua les colloïdes des cristalloïdes par les propriétés de ces derniers de diffuser rapidement dans l'eau et de traverser sans difficulté une membrane de papier parchemin. Selon *J. Duclaux*, les solutions colloïdales ne sont pas homogènes : elles ont une structure analogue, peut être identique à celle d'une suspension d'une extrême finesse.

L'étude des matières colloïdales des eaux d'égout est rendue très difficile par leur diversité, et par l'incertitude des procédés proposés pour leur séparation des matières en solution vraie. Ces procédés sont : la dialyse, l'entraînement par précipitation chimique, l'entraînement par agitation avec une poudre inerte.

La détermination des matières colloïdales organiques dans les eaux d'égout a été faite d'abord par dialyse. *Fowler* et *Ardern* ont plongé, dans un vase contenant 750 centimètres cubes d'eau d'égout, un cylindre de parchemin renfermant 750 centimètres cubes d'eau distillée, de façon que les liquides soient au même niveau. A des intervalles de temps déterminé, ils prélevaient des échantillons au dedans et au dehors du dialyseur. L'expérience était continuée jusqu'à ce que les liquides aient la même teneur en chlore (24 heures). *J. Johnston* met 50 centimètres cubes d'eau d'égout, filtrée au papier et additionnée d'une quantité d'acide sulfurique suffisante pour la stériliser, dans un tube de parchemin suspendu dans un vase contenant 500 centimètres cubes d'eau distillée, renouvelée pendant la dialyse qui dure six jours.

Si la dialyse permet de séparer facilement les matières colloïdales minérales, pour les matières organiques son emploi fait commettre de graves erreurs. Pendant le temps relativement long de l'opération, 1 jour au minimum, les germes qui pullulent dans les eaux d'égout transforment la matière organique, et même si on prend la précaution d'ajouter un antiseptique, on ne peut être certain d'éliminer aussi l'action des diastases microbiennes. On sait, d'autre part, que certaines

matières colloïdales peuvent traverser, lentement il est vrai, les membranes de parchemin, et qu'il existe des membranes qui s'opposent au passage rapide des substances cristalloïdes.

Depuis *G. Fowler*, *Sam Evans* et *Chadwick Oddie* ont proposé une méthode d'entraînement par précipitation chimique indiquée par *Rübner*, méthode qu'ils ont appelée *Clarification test*. Elle consiste à précipiter les matières colloïdales par une solution alcaline de sel ferrique. Dans une fiole conique, on ajoute à 200 centimètres cubes d'eau à analyser, 2 centimètres cubes de solution à 5 pour 100 d'acétate de soude et 2 centimètres cubes de solution à 10 pour 100 d'alun de fer et d'ammoniaque. On agite, on place la fiole sur un brûleur et on porte à l'ébullition qu'on maintient 2 minutes exactement. On refroidit et on filtre en ne jetant sur le filtre qu'aussi peu de précipité que possible. On obtient ainsi un liquide clair qui ne contient que des substances en vraie solution. On compare les analyses de l'eau et du filtrat. L'ébullition ne doit durer que le temps nécessaire à l'évaporation des 4 centimètres cubes de réactifs ajoutés. Des essais à blanc ont montré que les erreurs dues aux réactifs et à la filtration sont inappréciables. Des expériences comparatives avec les deux méthodes, dialyse et précipitation chimique, ont donné des résultats qui n'étaient pas numériquement identiques, mais le rapport des cristalloïdes et des colloïdes était le même.

Le sel ferrique précipite non seulement les matières colloïdales, mais les sulfures et peut-être d'autres matières oxydables, ce qui, lorsque les matières organiques sont évaluées par les méthodes de détermination de l'oxydabilité, peut causer des erreurs.

De même que, dans la dialyse, le choix de la membrane est à considérer, de même pour la précipitation, suivant le réactif employé, on obtient des résultats différents.

Dans une première série d'expériences d'une semaine, l'oxygène absorbé en 4 heures a été déterminé avant et après précipitation, d'un côté par l'alun de fer et d'ammoniaque, de l'autre, par la gelée d'alumine. La différence donnait l'oxygène absorbé par les matières précipitées[1]. Les résultats obtenus

(1) Dans toutes ces expériences on a employé ce terme de matières *préci-*

permettaient de calculer le pourcentage des matières restées en dissolution et des matières précipitées.

Ces résultats (tableau IV) diffèrent peu. Il y a lieu cependant de remarquer que, sauf pour l'effluent des fosses septiques, les matières précipitées sont plus abondantes avec la gelée d'alumine qu'avec le sel ferrique.

On a proposé pour la séparation des diastases, la formation

TABLEAU IV. — **Précipitation comparée.**

Oxygène absorbé en 4 heures (milligrammes par litre).

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	LIT BACTÉRIEN 1	LIT BACTÉRIEN 2
A. — ALUN DE FER ET D'AMMONIAQUE.				
Matières oxydables totales . .	59,6	50,7	11,4	16,7
— dissoutes .	27,5	20,3	6,9	7,6
— précipitées	32,1	30,0	4,5	9,1
Proportion pour 100 :				
Matières dissoutes	46,1	40,8	60,5	45,5
— précipitées.	53,9	59,2	39,5	54,5
B. — ALUMINE.				
Matières oxydables totales . .	59,6	50,7	11,4	16,7
— dissoutes .	26,4	21,9	6,2	7,5
— précipitées	33,2	28,8	5,2	9,2
Proportion pour 100 :				
Matières dissoutes	44,3	43,2	58,8	44,9
— précipitées.	55,7	56,8	41,2	55,1

d'un précipité par l'action d'un phosphate soluble sur un sel de chaux. Dans les eaux d'égout on obtient ainsi un liquide clair, semblant bien privé de matières colloïdales, et pourtant les résultats de la détermination de l'oxygène absorbé, comparés (tableau V) avec ceux obtenus sur les liquides précipités par le sel ferrique comme précédemment, sont très différents.

Le sel ferrique donne toujours une proportion de matières précipitées très notablement supérieure à celle due au phosphate de chaux, qu'il s'agisse de l'eau brute, de l'effluent des fosses septiques ou de celui des lits bactériens.

pitées, car nos connaissances actuelles ne permettent pas d'affirmer qu'elles renferment toutes les matières colloïdales et aucune matière en solution.

Dans un milieu aussi complexe qu'une eau d'égout, il faut se garder, pour en étudier les matières colloïdales, de faire intervenir de nouveaux facteurs et la formation de précipités au sein des liquides analysés peut amener certains changements dans la composition des matières solubles. Aussi paraît-il plus rationnel d'utiliser la propriété des matières colloïdales de se fixer sur les matières inertes. Comme cette fixation se

Tableau V. — **Précipitation comparée.**

Oxygène absorbé en 4 heures (milligrammes par litre).

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	LIT BACTÉRIEN 1	LIT BACTÉRIEN 2
A. — ALUN DE FER ET D'AMMONIAQUE.				
Matières oxydables totales . .	37,1	35,1	9.8	13,3
— dissoutes .	13,6	11,8	6,0	5,9
— précipitées	23,5	23,5	3,8	7,4
Proportion pour 100 :				
Matières dissoutes	36,6	33,6	61,2	44,3
— précipitées.	63,4	66,4	38.8	55,7
B. — CHLORURE DE CALCIUM ET PHOSPHATE DE SOUDE.				
Matières oxydables totales. . .	3,1	35,3	9,8	13,3
— dissoutes .	16,4	14.3	6,7	7,0
— précipitées	20,7	21,0	3,1	6,3
Proportion pour 100 :				
Matières dissoutes	43,9	40,7	68,3	52,6
— précipitées.	56,1	59,3	31,7	47,4

fait, d'après les idées admises, par des actions de surfaces, il faut s'adresser à des poudres impalpables comme le talc ou le kaolin. Il suffit d'agiter l'eau pendant un certain temps avec une assez grande quantité de talc (20 gr. pour 100 centimètres cubes ou plus si l'eau est très chargée) et de filtrer.

Dans une 3e série d'expériences d'une semaine, les eaux ont été précipitées par le sel ferrique et, comparativement, une autre partie traitée par le talc. Les moyennes des résultats obtenus sont données par le tableau VI.

La proportion pour 100 de matières précipitées est sensiblement la même pour l'eau brute et pour l'effluent des fosses

septiques, quoique très légèrement plus faible avec le talc. Mais, pour les effluents des lits bactériens, les différences sont considérables, surtout pour l'effluent du lit n° 1, dans lequel la proportion des matières oxydables précipitées a été de 39,8 pour 100 avec le sel ferrique et seulement de 17,5 pour 100 avec le talc. Il semble qu'il faille attacher une grande importance à ces écarts, surtout si on considère la présence de

Tableau VI. — **Précipitation comparée.**

Oxygène absorbé en 4 heures (milligrammes par litre).

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	LIT BACTÉRIEN 1	LIT BACTÉRIEN 2
A. — ALUN DE FER ET D'AMMONIAQUE.				
Matières oxydables totales . .	53,5	43,0	10,3	14,2
— dissoutes .	22,3	16,6	6,2	6,6
— précipitées	31,2	26,4	4,1	7,6
Proportion pour 100 :				
Matières dissoutes	41,6	38,6	60,2	46,4
— précipitées.	58,4	61,4	39,8	53,6
B. — TALC.				
Matières oxydables totales . .	53,5	43,0	10,3	14,2
— dissoutes .	22,6	17,1	8,5	8,5
— précipitées	30,9	25,9	1,8	5,7
Proportion pour 100 :				
Matières dissoutes	42,2	39,7	82,5	59,9
— précipitées.	57,8	60,3	17,5	40,1

matières colloïdales dans les effluents des lits bactériens comme un indice d'une épuration non achevée.

Quelle que soit la méthode de précipitation employée, la proportion de matières dissoutes pour 100 de matières oxydables totales est plus faible que celle des matières précipitées pour l'eau brute et l'effluent des fosses septiques; l'inverse a lieu généralement pour les effluents des lits bactériens. Pour ces derniers, comme on peut le voir dans les tableaux V et VI (lit bactérien 2), il peut y avoir prédominance des matières précipitées avec le sel ferrique, tandis qu'avec le phosphate de chaux ou le talc ce sont les matières dissoutes qui sont en plus forte proportion.

La détermination de l'oxygène absorbé en 4 heures, comme toutes les méthodes de détermination de l'oxydabilité par le permanganate de potasse, ne peut donner qu'une appréciation très relative des matières organiques ; les dosages du carbone et de l'azote organiques fournissent des données plus précises.

Dans une première série d'expériences d'une durée de cinq semaines, l'eau brute, l'effluent des fosses septiques et celui des lits bactériens ont été précipités par le chlorure ferrique, qui a remplacé l'alun de fer et d'ammoniaque pour éviter les corrections. Sur l'eau non traitée et sur l'eau filtrée après précipitation, on a déterminé l'oxygène absorbé en 4 heures, et dosé l'azote et le carbone organiques. Les moyennes des résultats obtenus sont rapportées dans le tableau VII, ainsi

TABLEAU VII. — **Précipitation par le chlorure ferrique.**

(Résultats en milligrammes par litre).

	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES			AZOTE ORGANIQUE			CARBONE ORGANIQUE		
	TOTAL	DISSOUS	PRÉCIPITÉ	TOTAL	DISSOUS	PRÉCIPITÉ	TOTAL	DISSOUS	PRÉCIPITÉ
Eau brute	41,9	18,6	23,3	11,4	5,5	5,9	85,5	35,7	47,8
Effluent des fosses septiques	38,6	15,4	23,2	9,9	6,0	3,9	69,4	39,2	30,2
Effluent des lits bactériens	7,4	5,5	1,9	3,6	3,3	0,3	19,0	9,9	9,1
Proportion pour 100 des matières dissoutes et précipitées.									
Eau brute	»	44,9	55,1	»	48,2	51,8	»	41,7	58,3
Effluent des fosses septiques	»	40,8	59,2	»	60,3	39.7	»	56,5	43,5
Effluent des lits bactériens	»	74,3	25,7	»	91,6	8.4	»	52,1	47,9

que le calcul des pourcentages des matières dissoutes et précipitées.

Dans une deuxième série d'expériences d'une durée de 7 jours, les mêmes déterminations ont été effectuées sur l'eau brute, l'effluent des fosses septiques et sur l'effluent de 5 lits bactériens d'âge ou de construction différents. Les moyennes

des résultats sont réunies dans le même ordre dans le tableau VIII.

Dans les deux cas, la proportion d'azote organique précipitée diminue après chaque phase du traitement, c'est-à-dire

TABLEAU VIII. — **Précipitation par le talc.**
(Résultats en milligrammes par litre).

	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES			AZOTE ORGANIQUE			CARBONE ORGANIQUE		
	TOTAL	DISSOUS	PRÉCIPITÉ	TOTAL	DISSOUS	PRÉCIPITÉ	TOTAL	DISSOUS	PRÉCIPITÉ
Eau brute	41,8	19,7	22,1	6,7	3,1	3,6	57,2	10,8	46,4
Effluent des fosses septiques	35,1	14,0	21,1	8,0	4,3	3,7	52,1	17,2	34,8
Effluent du lit bactérien :									
N° 1	9,9	6,3	3,6	3,4	2,6	0,8	16,7	14,0	2,7
N° 2	7,3	6,4	0,9	2,5	2,0	0,5	15,5	14,0	1,5
N° 3	10,0	6,8	3,2	5,2	4,6	0,6	18,5	16,6	2,0
Proportion pour 100 des matières dissoutes et précipitées.									
Eau brute	»	47,1	52,9	»	46,2	53,8	»	19,2	80,8
Effluent des fosses septiques	»	40,1	59,9	»	53,7	46,3	»	33,0	67,0
Effluent du lit bactérien :									
N° 1	»	63,6	36,4	»	76,4	23,6	»	89,1	10,9
N° 2	»	87,6	12,4	»	80,0	20,0	»	90,3	9,7
N° 3	»	68,0	32,0	»	88,4	12,6	»	89,2	10,8

qu'elle est moins forte dans l'effluent des fosses septiques que dans l'eau brute, et dans l'effluent des lits bactériens que dans celui des fosses septiques.

Pour ce qui concerne le carbone organique soluble, on constate une diminution analogue dans l'effluent des fosses septiques comparé à l'eau brute. Mais, pour l'effluent des lits bactériens, les résultats varient avec le précipitant employé. La proportion du carbone organique précipité dans l'effluent de lit bactérien par le fer est plus forte, de peu il est vrai, que celle de l'effluent des fosses septiques correspondant et soumis au même traitement. Par contre, avec la précipitation par le talc, les proportions de carbone organique précipité diminuent considérablement et sont inférieures à celles de l'azote organique précipité.

L'explication de ces différences est que les sels ferriques précipitent généralement, en presque totalité, les matières colloïdales azotées et plus difficilement les matières colloïdales carbonées non azotées, tandis que le talc précipite ces deux sortes de matières de la même façon.

De ces expériences, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° D'après l'évaluation des matières organiques par l'oxydabilité, et en opérant sur les eaux d'égout de la Madeleine, il y a augmentation de la proportion des matières colloïdales [1] pour 100 des matières oxydables totales pendant le séjour des eaux dans la fosse septique ; cette proportion est, au contraire, toujours diminuée dans les effluents des lits bactériens.

2° En rapportant à 100 les quantités de carbone et d'azote organiques totales, la proportion d'azote organique ou de carbone organique des matières colloïdales diminue pendant le séjour dans les fosses septiques, et pendant le passage au travers des lits bactériens.

Cette conclusion, en ce qui concerne l'action des fosses septiques, vient infirmer l'opinion de *Fowler* et *Ardern* et de *O'Shaughnessy* et *H. W. Kinnersley* qui, s'appuyant probablement sur les résultats obtenus par la détermination de l'oxydabilité, comme il est relaté dans la première conclusion, ont dit que les matières colloïdales augmentaient dans les eaux d'égout par l'action septique.

Toutes les méthodes de détermination de l'oxydabilité donnant une approximation très imparfaite de la matière organique, les dosages précis de carbone et d'azote organiques peuvent seuls permettre de tirer la conclusion 2 énoncée plus haut.

Bibliographie.

J. Duclaux. *Recherches sur les substances colloïdales*. Thèse de la Faculté des Sciences de Paris, 1904.

Victor Henri et André Mayer. État actuel de nos connaissances sur les colloïdes. *Revue générale des sciences*, 1904, p. 1015, 1066, 1129.

G. Fowler and E. Ardern. Suspended matter in sewage and effluents. *Journal of the Society of Chimical Industry*. V. 27, p. 485, 1905.

[1] Les résultats présentent des différences suffisamment importantes pour que, dans leur interprétation, on puisse compter les matières précipitées comme colloïdales.

J.-H. Johnston. The organic colloïds of Sewage. *Journal of the Royal Sanitary Institute*. V. 27, n° 10, 1906.

O'Shangnessy and H. W. Kinnersley. Recherches sur la façon dont se comportent les colloïdes dans les eaux d'égout. Société anglaise des Industries chimiques. In *Revue générale des Sciences*, 1906, p. 840.

G. Fowler, S. Evans and A. Chadwick Oddie. Some applications of the Clarification test to Sewage and Effluents. *Journal of the Society of chemical Industry*. V. 27 mars 1908.

CHAPITRE VII

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE LAITERIE

La fabrication du beurre se faisait autrefois uniquement dans la ferme, et la quantité d'eau résiduaire qui en provenait étant faible, était évacuée avec les autres eaux usées.

Depuis quelques années, surtout dans les pays de pâturages, se sont créées des sociétés coopératives qui permettent de traiter tout le lait produit par un certain nombre de fermes dans une véritable petite usine. Il s'en suit que ces laiteries doivent évacuer un assez grand volume d'eaux résiduaires. On peut évaluer qu'une laiterie bien conduite produit environ, en eaux résiduaires, un volume égal à celui du lait traité. Or, une laiterie de moyenne importance travaille de 3 à 5000 litres de lait par jour.

Lorsque le lait arrive à la laiterie, il est déversé dans un réservoir, d'où il s'écoule dans l'écrémeuse centrifuge, qui en sépare la crème. Tantôt le lait écrémé est vendu tel, tantôt il est coagulé par la présure pour fabriquer des fromages[1]. Le liquide séparé du caillé est mélangé avec des farines et sert à l'engraissement de porcs. Il en est de même du liquide dont on a séparé, par barattage, le beurre, ou qui a servi à laver celui-ci.

Le travail ne dure que quelques heures chaque matin. Mais, aussitôt qu'il est terminé, il est indispensable de laver avec le plus grand soin tous les ustensiles qui ont servi à la fabrication, ainsi que les parquets. En effet, le lait est un liquide éminemment altérable, et une foule de microbes le décomposent, ce qui nuirait à la bonne conservation du beurre.

(1) Quelques laiteries fabriquent de la caséine.

Les eaux résiduaires de laiterie comprennent donc seulement les eaux de lavage du beurre, des ustensiles et appareils et des parquets. Elles ont la composition d'un lait très dilué. Dans le but d'obtenir plus facilement le nettoyage des appareils, on se sert souvent de carbonate de soude, lequel dissout le beurre qui peut être resté adhérent à leurs parois. Dans certains cas, on ajoute aux eaux de lavage des parquets quelques produits chimiques destinés à empêcher toute fermentation ultérieure des liquides répandus ; mais il est toujours recommandé de n'employer ni composé odorant, ni chaux qui peut produire une odeur de poisson (triméthylamine), parce que le lait, comme le beurre, s'imprègne très facilement de ces odeurs.

Les eaux abandonnées à elles-mêmes sont la proie immédiate d'une foule de microorganismes analogues à ceux qui agissent pendant la maturation des fromages. C'est d'abord la lactose qui se transforme en acide lactique, puis en acide butyrique. Les matières albuminoïdes se dégradent elles-mêmes de plus en plus pour arriver au terme ammoniaque. Ces deux fermentations s'établissent très rapidement, la première surtout, car le liquide est ensemencé abondamment par les ferments lactiques qui se sont développés pendant l'acidification de la crème. Par contre, la fermentation des corps gras, en l'espèce du beurre, est plus lente.

Le beurre est composé de glycérides à acides fixes, avec une quantité variable de glycérides à acides volatils, acide butyrique et acide caproïque. Très lentement à l'obscurité, rapidement à la lumière diffuse et très rapidement à la lumière solaire, la matière grasse se saponifie et se dédouble en éléments qui sont atteints à leur tour et transformés en produits nouveaux, tous plus oxydés. Cette saponification peut être produite aussi par une diastase, la *lipase*, qui se trouve dans le sérum du lait, sécrétée par la glande mammaire et par de nombreux microorganismes, moisissures et bactéries. Elle peut enfin se faire par l'ammoniaque qui résulte des transformations des matières azotées et Duclaux a montré que ces fermentations concomitantes peuvent accélérer la destruction de la matière grasse.

Cette saponification fournit de la glycérine soluble et des

acides gras qui deviennent solubles en se combinant avec les bases. On voit donc que la matière grasse saponifiée peut constituer un milieu nutritif rapidement envahi par les fermentations.

Ces fermentations s'accompagnent toujours de dégagement de gaz odorants qui obligent à évacuer ces eaux le plus rapidement possible, afin d'éviter qu'elles polluent les nappes souterraines ou les cours d'eau dans lesquels elles viendraient à être déversées.

Il est donc indispensable de leur faire subir un traitement qui élimine toutes les matières organiques putrescibles.

Parmi les agents chimiques, on ne peut songer à la *chaux* qui dégage de la *triméthylamine*. On a proposé la *lessive de manganèse*, le *sulfate ferrique*. *Hamilton* préconise la fermentation rapide du lactose, puis la neutralisation de l'acide lactique par la chaux et la précipitation par le silicate de soude. Les précipités obtenus par ces composés peuvent être employés comme engrais.

La précipitation par le *sulfate ferrique* donne une épuration déjà très appréciable. Ce sont les matières albuminoïdes et les matières grasses qui sont entraînées, et ces dernières le sont complètement comme le montrent les résultats suivants (par litre) :

	Eau brute.	Eau précipitée.
	—	—
Matières organiques (perte au rouge). .	1gr,550	0gr,405
Azote organique.	0gr,0456	0gr,0059
Matières grasses.	0gr,995	néant

La précipitation est faite avec des doses de sulfate ferrique appropriées à la teneur de l'eau en matières organiques. Pour les eaux que nous avons expérimentées, la dose la plus favorable est de 2 gr. 50 par litre. Le sulfate ferrique ordinaire étant très acide décompose le carbonate de soude et la précipitation semble d'abord mauvaise, car les flocons de précipité viennent en partie flotter à la surface de l'eau, ce qui rend la décantation difficile. Cependant, lorsque la réaction est opérée, si on agite énergiquement l'eau à plusieurs reprises, le gaz carbonique qui maintenait le précipité à la surface se dégage et la décantation se fait normalement.

Ce procédé de traitement, qui ne donne pas une épuration complète (car tous les composés dérivés du lactose restent en solution), peut cependant être recommandé lorsqu'on n'a que de petits volumes d'eau à épurer. Il a surtout le grand avantage d'éviter toute odeur. Il serait cependant indispensable dans la pratique de faire suivre le traitement chimique de l'épuration sur un lit bactérien que l'on pourrait établir d'une façon très économique dans la plupart des cas.

L'irrigation a été aussi très recommandée et il est évident que, si elle est appliquée d'une façon rationnelle, elle peut donner de bons résultats. Mais la fabrication du beurre dure toute l'année et il est souvent difficile, sans de trop grands frais, de recourir à ce moyen, car les laiteries coopératives sont généralement établies dans les agglomérations.

MM. *Kattein* et *Schoofs* ont publié le résultat d'expériences faites sous la direction du professeur *Dunbar*, à l'Institut d'hygiène de Hambourg, dans le but d'étudier l'action des ferments oxydants des lits bactériens sur les eaux de laiterie.

Ces auteurs ont employé les deux méthodes biologiques, c'est-à-dire la méthode par contact et la méthode continue par percolation.

Dans la première, les eaux restent en contact pendant un temps déterminé avec les scories, puis sont déversées sur un deuxième lit de scories, dans lequel elles séjournent le même temps. Il est indispensable d'espacer les immersions des lits de façon que, pendant qu'ils sont vides, ils puissent s'aérer, ce qui permet aux ferments oxydants de détruire la matière organique putrescible. Ce procédé est donc intermittent, et, appliqué aux eaux de laiterie, il donna des résultats satisfaisants : les eaux ainsi épurées ne se putréfiaient plus.

Mais une meilleure épuration fut obtenue avec des lits à percolation, lits de scories de $0^{m},60$ comme les premiers, sur lesquels l'eau s'écoule en gouttelettes à raison de 1/5 de ^{m3} en douze ou quatorze heures. Le passage de l'effluent de ce lit sur un deuxième lit identique, arrosé par la même méthode, donna d'excellents résultats : l'eau était et restait claire. La matière grasse était presque complètement disparue.

Schoofs a repris cette question à Liége et recommande le procédé biologique par percolation.

Lacomble, en étudiant *le sort des matières grasses dans les différentes phases de l'épuration biologique des eaux vannes en milieux artificiels*, tire de ses expériences les conclusions que voici :

Les matières grasses, abandonnées à elles-mêmes ou filtrées sur un support d'oxydation, subissent une décomposition évidente ; néanmoins on ne peut compter sur l'activité des lits bactériens pour assurer leur destruction, lorsque les eaux vannes en sont abondamment chargées. Le colmatage se produit rapidement, ce qui s'explique par l'arrêt mécanique des graisses et par la lenteur du processus d'oxydation qui doit les détruire.

*
* *

La composition des eaux de laiterie est très variable suivant les soins apportés à la fabrication du beurre, mais le plus souvent elles sont beaucoup plus chargées que les eaux d'égout. Voici quelques nombres moyens en milligrammes par litre :

	Matière organique.	Azote organique.	Matières grasses.
	—	—	—
D'après Bömer	253 à 2733	7 à 166	»
— Kattein et Schoofs.	331 à 712	24,3 à 50,7	159 à 290
— nos expériences. .	1550 à 2135	45,6 à 115	628 à 1440

Le lactose se transforme si rapidement qu'on ne peut le retrouver à l'analyse. Ces eaux contiennent aussi de petites quantités d'ammoniaque, quelques milligrammes par litre, et des proportions plus ou moins fortes de carbonate de soude qui peuvent atteindre 1 gramme par litre.

La grande quantité de matières organiques contenues dans ces eaux n'est pas un obstacle à leur épuration par les procédés biologiques, mais la difficulté réside dans la présence de matières grasses qui, comme nous l'avons dit, se décomposent très lentement. Il en résulte ce colmatage assez rapide des lits bactériens, signalé par *Kattein* et *Schoofs*, lesquels ont reconnu qu'il était nécessaire de labourer la surface des lits toutes les deux semaines pour faciliter l'aération.

L'attention doit être portée principalement sur l'élimination

de la matière grasse. Elle est retenue sur les lits bactériens, comme le montre l'expérience suivante :

	Par litre.	Différence.
Eau résiduaire	1gr,440	
Après contact de 2 heures sur lit de coke.	0gr,758	0,682
le même liquide repassé le lendemain	0gr,370	0,388
Après contact de 2 heures sur lit de scories.	0gr,482	0,958
le même liquide repassé le lendemain	0gr,364	0,118

Cette expérience montre nettement que lorsque les eaux sont très chargées, la matière grasse, d'abord retenue en très forte proportion après le premier contact, l'est beaucoup moins si l'on fait subir un deuxième contact à l'effluent obtenu sur le même lit.

Nous avons parallèlement fait séjourner la même eau dans une petite fosse septique. Le dosage de la matière grasse dans l'effluent de cette fosse a donné les résultats suivants :

	Par litre.
Eau résiduaire	1gr,440
Après un jour en fosse septique	0gr,344
— 2 jours —	0gr,320
— 26 — —	0gr,076

La matière grasse se sépare donc très facilement de l'eau pendant le séjour en fosse septique ; elle vient flotter à la surface et peut en être enlevée. On s'en débarrassera utilement en la brûlant dans un foyer de générateur.

Dans une autre expérience, la fosse septique a été alimentée d'une façon discontinue avec une eau contenant d'abord 1gr 290 de matières grasses par litre, puis, après 3 jours, par une autre en contenant 0gr,890. Quelques litres d'eau étaient évacués chaque jour de la fosse septique, puis remplacés par une égale quantité de l'eau nouvelle. L'effluent était alors traité sur lit bactérien de contact :

Effluent de la fosse septique.	Lit de 1er contact.	Lit de 2e contact.
0,130	0,106	0,042
0,202	0,126	0,098
0,310	»	0,066
0,142	»	0,068

Dans les lits de contact, la matière grasse n'est jamais intégralement retenue, quoique cependant l'épuration puisse

être effective comme le montrent les résultats suivants (en milligr. par litre) :

	Oxygène absorbé en 4 h.	Ammoniaque.	Azote organ.	Nitrates.	Matières grasses.
Effluent de la fosse septique.	48	24	84	0	100
Effluent, lit de 1er contact.	24	15	37	3	24
Effluent, lit de 2e contact.	14,4	6	16	15	22

La formation de nitrates a pu être ensuite plus importante et atteindre 90 milligrammes par litre après le 2e contact.

Les petits appareils de laboratoire ne nous ont pas permis d'expérimenter les lits bactériens à percolation. Mais la pratique de ces lits pour l'épuration des eaux d'égout nous a montré qu'il y a lieu d'en attendre les meilleurs résultats, comme l'ont du reste indiqué *Kattein* et *Schoofs*.

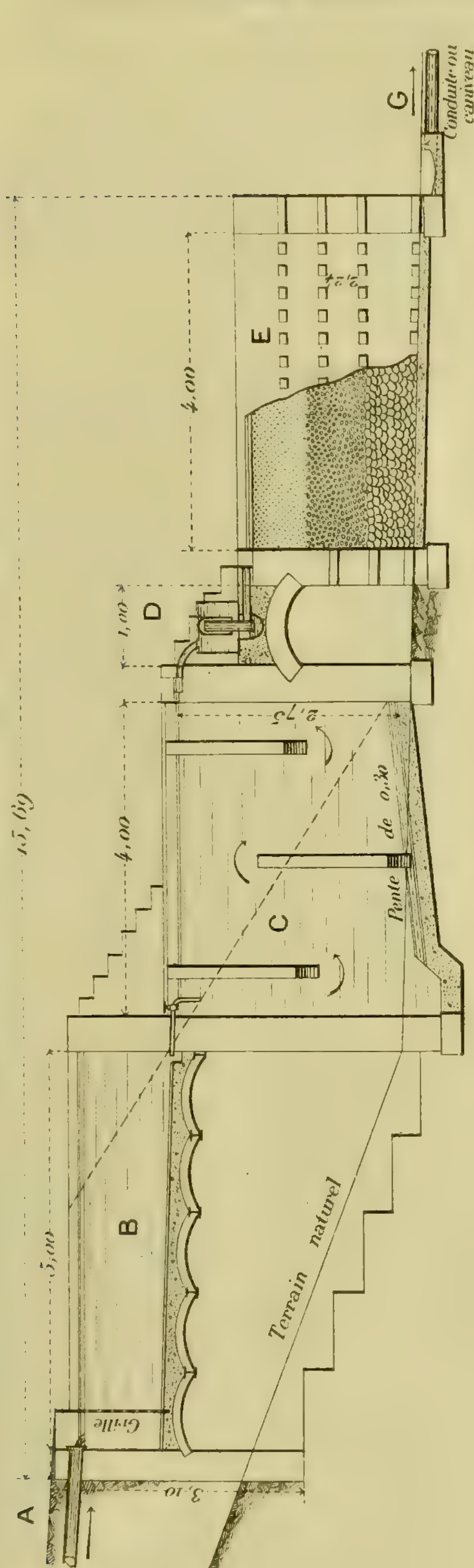
Voyons maintenant comment on peut réaliser une installation d'épuration biologique d'eaux résiduaires de laiterie, en prenant pour exemple une laiterie ayant à traiter 5 mètres cubes d'eau par jour. Les travaux de nettoyage durent en général deux heures par jour, pendant lesquelles la totalité de l'eau sera évacuée.

Pour assurer un débit régulier et aussi prolongé que possible, les eaux se rendront dans un bassin d'attente de 5^{m3} de capacité, d'où elles sortiront par un robinet vanne que l'on règlera de façon que ce bassin mette au moins 18 heures pour se vider.

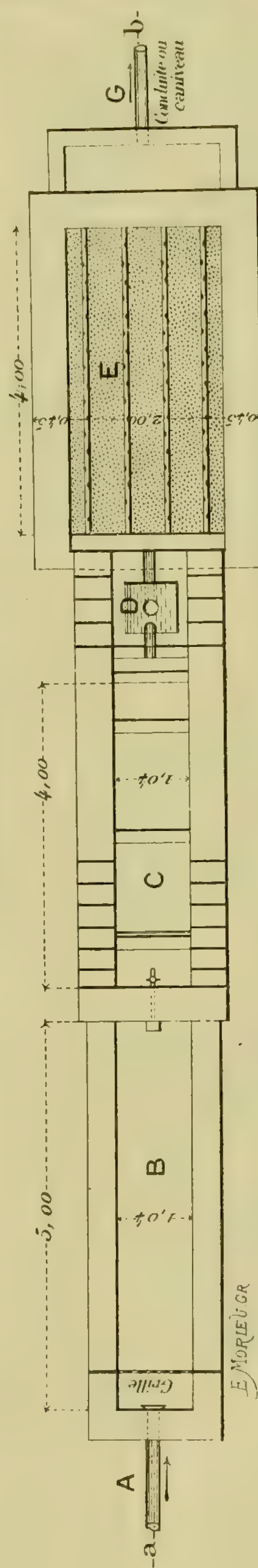
Les eaux s'écouleront alors dans une fosse septique de 8^{m3} de capacité, ayant deux chicanes de surface, une à l'entrée et une près de la sortie. Le fond de la fosse septique aura une pente suffisante pour que les boues qui pourraient s'y accumuler se rendent dans une cuvette près de l'entrée, d'où on pourra les évacuer soit par une ouverture fermée par une vanne, soit à l'aide d'une petite drague (fig. 3).

La sortie des eaux de la fosse septique se fera par un déversoir dans un réservoir muni d'un siphon de chasse automatique qui déversera tous les quarts d'heure un volume con-

COUPE LONGITUDINALE SUIVANT a b DU PLAN.



PLAN SUPÉRIEUR.



E. MORIEU GR.

Fig. 5. — Épuration biologique des eaux résiduaires de laiterie.

A. Arrivée des eaux. — B. Bassin d'attente. — C. Fosse septique. — D. Bassin avec siphon de chasse automatique. E. Lit bactérien à percolation. — G. Évacuation de l'eau épurée.

venable (150 litres environ) dans les tuyaux de distribution à la surface du lit bactérien.

Le lit bactérien aura 2 mètres de longueur sur 4 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur. Les scories qui le forment seront bien criblées et seront retenues par des petits murs en maçonnerie ou en pierres sèches, avec des ouvertures à la base et sur la hauteur, pour faciliter l'aération.

Comme, le plus souvent, les eaux seront acides à leur sortie de la fosse septique, il est recommandé de mélanger aux scories des pierres calcaires en morceaux de la grosseur d'un petit œuf dans la proportion d'environ un quart du volume total des matériaux.

Le fond du lit sera en pente régulière pour permettre l'écoulement rapide des eaux épurées vers une rigole qui les conduira à la rivière.

Le bassin d'attente et la fosse septique peuvent être couverts; mais il est recommandable de faire une couverture mobile pour faciliter les nettoyages lorsqu'ils seront devenus nécessaires.

Nous avons fait établir sur ces principes un projet d'installation d'épuration pour une laiterie traitant 4 à 5000 litres de lait par jour. Nous le reproduisons dans la figure 5 avec les explications qu'elle comporte.

*
* *

Certaines laiteries ont abandonné la fabrication des fromages avec le lait écrémé, pour se livrer à la préparation de la caséine.

La caséine est séparée du lait écrémé par précipitation à l'aide d'un acide minéral, généralement l'acide phosphorique. Le caillot est recueilli et séché. Les eaux résiduaires contiennent donc tous les principes du lait, sauf le beurre et la presque totalité de la caséine. Voici les analyses de deux eaux, l'une n° 1, n'ayant subi aucun traitement, l'autre, n° 2, ayant été en partie saturée par la chaux.

	N° 1.	N° 2.
Extrait à 110°	54gr,275 0/00	58gr,870 0/00
Résidu fixe au rouge	6gr,865	5gr,140
Perte au rouge	47gr,810	53gr,730
Acidité en SO^4H^2	5gr,720	1gr,690
Ammoniaque	traces	traces
Azote total	0gr,810	0gr,310
Matières en suspension	2gr,085	7gr,560
— — fixes au rouge	0gr,134	2gr,785
— — volatiles au rouge	1gr,951	4gr,775

La présence de cet acide minéral souvent impur empêche d'utiliser les eaux résiduaires pour l'alimentation des porcs, comme on le fait avec les résidus de la préparation du caillé pour les fromages. Il serait intéressant de rechercher si l'on ne pourrait pas en extraire le lactose ou ses dérivés, qui pourraient avoir des emplois dans l'industrie.

Actuellement ces eaux, mélangées aux eaux résiduaires dont nous avons parlé plus haut, doivent être épurées avant leur rejet dans les cours d'eau.

Il est indispensable de neutraliser les eaux résiduaires de la préparation de la caséine avec de la chaux ou du carbonate de chaux, de façon que leur réaction soit neutre ou légèrement alcaline. Cette neutralisation sera effectuée dans un réservoir spécial dont l'effluent, mélangé ultérieurement aux eaux de lavage, sera épuré par les procédés biologiques comme nous l'avons dit ci-dessus. Mais la proportion de matière organique à oxyder étant beaucoup plus considérable, il sera utile de prévoir des lits de surface deux ou trois fois plus grande que celle précédemment indiquée. Il sera d'ailleurs toujours recommandable d'effectuer quelques essais de laboratoire pour déterminer d'une manière plus précise les dimensions à donner aux lits bactériens, suivant la nature et le volume des eaux qu'il s'agira de traiter dans chaque cas particulier.

Duclaux. *Traité de microbiologie.* T. IV. Paris, Masson et Cie, 1901.
Hamilton. *Revue générale du lait.* T. IV, p. 190.
Oppermann. *Revue générale du lait.* T. I, p. 501.
Kattein et Schoofs. *Recherches sur l'épuration des eaux résiduaires de laiterie par le processus d'oxydation.* Milch Zeitung, 1905, nos 7 et 8.
Schoofs. Eaux résiduaires de laiterie. *Revue générale du lait.* T. III, p. 515 et 544.
Lacomble. *Revue d'hygiène.* Octobre 1906, p. 817.

CHAPITRE VIII

TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DANS LES PAYS CHAUDS

Nous avons résumé dans le précédent volume (¹) les travaux qui ont été publiés sur cette question, montrant que l'épuration biologique des eaux d'égout était réalisable dans les pays chauds.

Le gouvernement de l'Indo-Chine a créé à Hanoï un laboratoire d'hygiène dont est chargé actuellement M. *G. Lambert*, pharmacien des troupes coloniales, ancien élève de l'Institut Pasteur de Lille. Une des questions principales à étudier était le traitement des eaux d'égout, et une installation fut décidée dans l'hôpital Lanessan à Hanoï. Cette installation, dont les plans ont été dressés par les services de l'artillerie, sur les indications de M. *G. Lambert*, est en fonctionnement depuis quelques mois.

L'évacuation des eaux usées se faisait à l'hôpital Lanessan de la façon suivante : les matières de vidange étaient reçues dans des tinettes enlevées deux fois par jour; les eaux de lavage, des bains, des cuisines, etc., se rendaient avec les eaux de pluie dans des égouts.

Après un projet qui comprenait l'assainissement complet de l'hôpital, c'est-à-dire le traitement de toutes les eaux usées, projet qui fut écarté comme trop important pour un premier essai, les plans définitifs ont été établis pour ne traiter que les eaux-vannes.

Les cabinets d'aisance ont été transformés en sièges à la turque et en sièges à l'anglaise munis de chasses. Les matières sont recueillies dans un collecteur balayé par des chasses périodiques.

(¹) Ces recherches, 4ᵉ volume, p. 125.

L'installation d'épuration comprend :

1° Une fosse à sable de capacité utile de 2 m³ 500. Deux grilles et une chicane servent à arrêter les corps flottants et à faciliter le dépôt des matières solides en suspension (cendres, graviers, etc.). Le fond est en pente, en sens inverse du courant de l'eau, pour permettre aux boues de se réunir dans une cuvette.

La fosse à sable est recouverte par un treillis de laiton monté sur cadre en bois.

2° La fosse septique a une capacité utile de 50 mètres cubes environ. Elle mesure 2 m. 20 de largeur et 7 m. 50 de longueur. Le fond est formé de 2 plans, inégalement inclinés : le premier a une pente de 0 m. 18 par mètre (longueur 3 mètres); le deuxième a une pente de 0 m. 04 (longueur 4 m. 50). La profondeur de la fosse varie donc d'aval en amont de 2 m. 70 à 3 m. 60; à l'arrivée se trouve une cuvette pour la collecte des boues.

Le dépôt des matières en suspension est favorisé par deux chicanes : la 1re, à l'entrée, est une chicane de surface; la 2e, jusqu'au milieu, est percée de deux ouvertures, l'une au fond pour permettre le glissement des boues, l'autre pour le passage de l'eau à 0 m. 60 au-dessous de la surface. Au sortir de la fosse les eaux traversent un filtre à scories. La couverture est faite en dalles en ciment armé, recouverte de terre et traversée par deux tuyaux pour permettre l'échappement des gaz.

3° Un puits de nettoyage dans lequel viennent déboucher les tuyaux d'évacuation des boues accumulées dans les cuvettes de la fosse à sable et de la fosse septique. Ces tuyaux sont ordinairement obturés par une vanne mobile.

4° Le lit bactérien a une surface de 75 mètres carrés, supérieure à celle que l'on prévoit ordinairement pour traiter 50 mètres cubes, car la presque totalité des eaux doit être traitée pendant le jour.

Le long du lit bactérien se trouve un canal qui répartit l'effluent de la fosse septique dans 3 réservoirs de chasse munis de siphons Parenty. Les chasses sont de 500 litres d'eau distribués à la surface du lit par des tuyaux en fer perforés, identiques à ceux de notre station de la Madeleine (*fig.* 4).

Le lit bactérien a une surface de 13 mètres sur 6 mètres et une profondeur de 1 m. 55. Il est rempli de scories disposées en 3 couches : la première, au fond, est composée de scories de 5 à 8 centimètres sur une épaisseur de 0 m. 40 ; la seconde, au-dessus, se compose de scories de 3 à 4 centimètres sur une épaisseur de 0 m. 55 ; enfin la couche superficielle est consti-

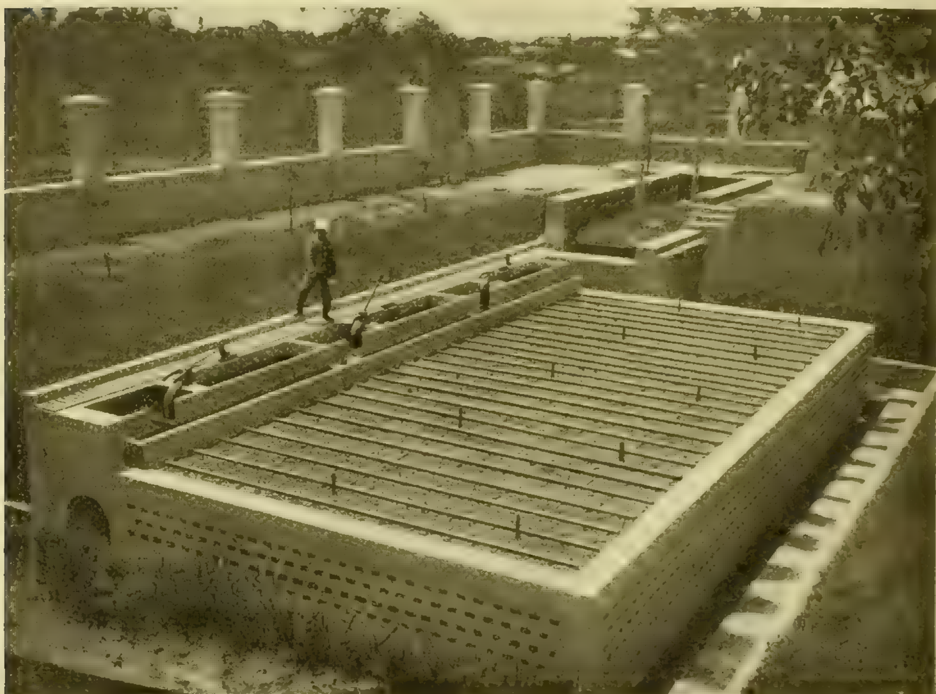


Fig. 4. — Épuration biologique des eaux résiduaires de l'hôpital Lanessan, à Hanoï.

tuée par des scories plus fines de 1 à 3 centimètres. Ces scories sont maintenues par des murs percés de 5 rangées d'ouvertures.

Aux dernières nouvelles, M. *G. Lambert* nous informe que l'installation fonctionne normalement ; les fermentations dans la fosse septique sont bien établies et la dissolution des excreta y est très rapide ; de plus la nitrification est très active dans le lit bactérien. Bien que les eaux entraînent toutes les matières excrémentitielles de plus de 100 personnes, il ne se dégage aucune odeur aux environs immédiats ; l'eau en sort limpide, inodore et imputrescible. M. *G. Lambert* fait un grand nombre d'analyses qui nous renseigneront d'une façon complète.

DOCUMENTS

DOCUMENTS

I. — CONSEILS POUR LES PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS DESTINÉS A L'ANALYSE DES EAUX D'ÉGOUT

Lorsqu'il s'agit d'établir un projet d'installation d'épuration d'eaux d'égout, il y a lieu de déterminer tout d'abord le volume d'eau à traiter en vingt-quatre heures. Pendant les périodes de jaugeage et seulement par temps sec, on prélève des échantillons toutes les demi-heures ou toutes les heures, l'émissaire dans lequel on aura installé l'appareil permettant la détermination ou l'enregistrement des débits d'eaux. Ces échantillons sont entourés de glace et, après vingt-quatre heures, mélangés en quantité proportionnelle au volume de l'eau qui s'écoulait au moment du prélèvement.

Il est indispensable d'effectuer les analyses le plus rapidement possible après la prise d'échantillons. Lorsque, par suite de la distance, les analyses ne peuvent être effectuées qu'au bout de quelques jours, il est recommandé d'introduire dans chaque flacon quelques centimètres cubes de chloroforme pour arrêter les fermentations.

Les déterminations principales à effectuer sont les suivantes :

Matières en suspension totales : sèches à 110°, fixes au rouge, volatiles au rouge ;

Matières en solution totales : extrait à 110°, fixes (cendres au rouge), volatiles (différence entre les deux résultats).

Oxydabilité au permanganate de potasse à chaud en solution acide : résultats exprimés en oxygène. Il y a lieu d'opérer sur des dilutions dans l'eau distillée, au dixième au moins.

Azote ammoniacal (méthode de Nessler après dilution et défécation) ;

Azote organique (méthode de Kjeldahl) ;

Chlorures (méthode volumétrique de Mohr au nitrate d'argent) ;

Alcalinité (méthode de Bonjean, méthyl orange comme indicateur).

Si les eaux étaient acides, ce qui est extrêmement rare, doser l'acidité et déterminer la nature du ou des acides.

Les résultats seront donnés en milligrammes par litre.

Nota. — *L'Institut Pasteur de Lille se charge d'effectuer toutes les analyses d'eaux résiduaires urbaines ou industrielles qui lui sont demandées, soit en vue de l'établissement de stations d'épuration biologique ou chimique, soit pour assurer le contrôle du fonctionnement régulier de ces stations.*

II. — INSTRUCTIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA CONSTRUCTION DES ÉGOUTS, A L'ÉVACUATION ET A L'ÉPURATION DES EAUX D'ÉGOUT (1)

Par MM. L. Masson et le Dr A. Calmette

I. — *Construction des égouts. — Evacuation des eaux usées.*

Les projets d'assainissement présentés par les villes, soit aux Commissions sanitaires et aux Conseils départementaux d'hygiène, soit au Conseil supérieur d'hygiène publique de France, doivent être étudiés conformément aux instructions générales ci-après. En les préparant, les autorités sanitaires ne se préoccuperont pas seulement de répondre aux besoins immédiats : elles devront prévoir les extensions qui, dans un avenir même éloigné, viendraient à s'imposer.

L'assainissement d'une ville étant une question trop complexe pour se prêter à une solution uniforme et pour être tranchée d'après des règles absolues, la municipalité, avant de faire le choix de l'un des deux systèmes applicables à l'établissement d'un réseau d'égouts : *système unitaire* ou *système séparatif*, devra se livrer à un examen approfondi des circonstances locales.

C'est seulement après cette étude préliminaire et tout à fait indispensable qu'il sera possible de se rendre compte des besoins à satisfaire et d'y adopter le système unitaire ou le système séparatif. Dans le premier, un seul réseau d'égouts recueille à la fois les eaux ménagères et industrielles, les vidanges et les eaux pluviales : dans le second, les eaux ménagères et les eaux industrielles avec les matières de vidange sont reçues dans le réseau d'égouts proprement dit, et les eaux pluviales s'écoulent de leur côté, d'abord

(1) Rapport lu et approuvé au Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

superficiellement, ou, quand il est nécessaire, dans un réseau d'égout spécial qui se déverse le plus directement possible dans un cours d'eau naturel (fleuve, rivière ou ruisseau), ou dans la mer.

Lorsqu'on se trouve en présence d'un réseau d'égouts qui reçoit les eaux pluviales, ménagères et industrielles d'une ville et les déverse dans un cours d'eau voisin, il y a intérêt pour l'assainissement de ce cours d'eau à réunir dans une canalisation spéciale et à drainer séparément les eaux ménagères, les eaux industrielles et les eaux vannes, et à ne maintenir dans les égouts existant que les eaux pluviales.

La construction d'une canalisation séparée sera également opportune dans une localité où la déclivité du sol et la faible circulation des voitures permettront de laisser les eaux pluviales s'écouler superficiellement par un ruissellement.

Le système unitaire convient plus particulièrement aux grandes agglomérations urbaines, comptant de 20000 à 500000 habitants, ou même plus; ou bien lorsque, dans une localité quelconque, l'ensemble des eaux-vannes, ménagères, industrielles et pluviales peut être évacué, sans épuration préalable, à la mer, à l'extérieur des ports, sur un point du rivage éloigné de toute habitation, balayé par un courant capable de s'opposer à toute espèce de dépôt et dans des conditions tellés que, quelle que puisse être l'influence des marées, il n'en résulte aucune pollution soit pour les plages, soit pour les parcs à coquillages comestibles.

Il rend l'épuration des eaux difficile et assez coûteuse en raison de leur volume relativement considérable et aussi parce que ces eaux retiennent des sables et des graviers de la voie publique. A ce point de vue, le système séparatif présente certains avantages, dont le principal consiste en ce que le volume des eaux écoulées étant toujours sensiblement le même pour chaque période de 24 heures, on peut l'épurer en totalité dans les meilleures conditions économiques.

Quel que soit le système adopté, les égouts peuvent être constitués, soit par des galeries en maçonnerie, soit par des conduits formés de tuyaux en grès vernissé, en béton de ciment ou en béton armé.

Les galeries conviennent aux grandes villes, tandis que les conduits doivent l'emporter partout où la considération d'économie — et c'est le cas le plus général — doit primer toutes les autres. Au surplus, on se trouve souvent amené à des combinaisons mixtes où s'associent les deux types; car, dans bien des cas, surtout dans les villes d'une certaine importance (même avec le système séparatif), les conduits deviennent bientôt insuffisants quand il s'agit d'écouler des volumes d'eau un peu considérables, et doivent être remplacés par des galeries pour l'établissement des artères principales.

La section ordinaire des conduits est un cercle dont le diamètre pratique varie depuis $0^m,15$ ou $0^m,20$ jusqu'à $0^m,60$; on ne descend

pas ordinairement au-dessous de $0^{m},20$, sauf dans des cas particuliers.

Au-delà de $0^{m},60$ de diamètre, les tuyaux en grès vernissé, qui sont le plus communément employés, deviennent difficiles à fabriquer et à poser. Ils pourraient être, il est vrai, remplacés par des tuyaux en ciment ; mais, à partir de ces grands diamètres, il paraît préférable, en général, de recourir à des galeries en maçonnerie de forme ovoïde, en donnant à celles-ci une hauteur sous clef suffisante ($1^{m},70$ au minimum) pour permettre aux ouvriers chargés du nettoyage courant ou des réparations, d'y circuler librement.

Les égouts sont en communication avec les voies publiques par un certain nombre de bouches et de regards ; il y a nécessairement au moins une bouche par îlot de maisons. Les regards doivent être disposés en nombre suffisamment grand et à des intervalles assez rapprochés pour que toutes les parties d'égouts, sans exception, puissent à chaque instant être examinées, curées et réparées au besoin. En principe, les regards sur les égouts en galeries sont espacés de 50 mètres en 50 mètres et, sur les égouts en tuyaux, de 20 mètres à 30 mètres au maximum. Dans tous les cas, il doit en être établi sur les points hauts et à l'intersection des égouts, surtout lorsque ceux-ci sont formés de tuyaux.

Quel que soit le système de canalisation adopté (*système unitaire ou séparatif*), les égouts doivent être nécessairement en communication avec l'air extérieur. Il faut que l'air qui les remplit puisse s'échapper au dehors quand l'eau y afflue et que l'air atmosphérique y rentre à mesure qu'elle s'écoule et tend à laisser un vide derrière elle.

La présence de l'air est la meilleure garantie contre la fermentation putride des matières organiques dont les eaux sont chargées. L'établissement d'une circulation d'air frais, continue, doit toujours être considéré comme indispensable, mais devient plus impérieux quand les égouts doivent être parcourus par des ouvriers.

Dans le cas où cette ventilation serait en partie réalisée par les canalisations d'eaux usées ou pluviales qui desservent les maisons, il est recommandé de s'assurer que toutes les précautions nécessaires sont prises pour éviter que l'air provenant de l'égout puisse se mélanger à l'air des logements; dans ce but, il convient que les canalisations aboutissant à l'égout soient prolongées au-dessus des parties les plus élevées des toitures, qu'elles soient parfaitement étanches et que les orifices d'entrée d'eaux ou de matières de vidange soient obturés d'une façon permanente.

Toute introduction de corps solides dans des conduits ou tuyaux doit être rigoureusement interdite et, à cet effet, les bouches sur la voie publique seront disposées de telle façon qu'elles laissent passer les liquides seuls et retiennent les sables et autres matières entraînées.

Quelle que soit la forme adoptée pour les égouts, il est indispen-

sable que ceux-ci soient entretenus en état permanent de propreté au moyen de chasses d'eau. Ces chasses résultent d'évacuations brusques d'eau emmagasinée à cet effet dans des réservoirs appropriés dont la décharge peut être obtenue soit par une simple vanne, soit par un siphon à fonctionnement automatique. Tantôt ces eaux proviennent de l'égout même où elles sont retenues momentanément par des vannes ; tantôt elles sont fournies par un approvisionnement d'eau de pluie ou de drainage, par une prise en rivière, un emprunt à un canal ou à un bassin à flot; tantôt enfin, c'est la distribution d'eau urbaine qui y pourvoit, si elle est assez largement alimentée.

Le Conseil supérieur d'hygiène publique appelle l'attention sur la nécessité de proportionner les sections et les pentes aux quantités maximum d'eau que les égouts doivent recevoir, en tenant compte des pluies torrentielles, à moins que des dispositions spéciales n'aient été prises pour assurer les évacuations de celles-ci, soit par des réservoirs établis sur les collecteurs, soit par les conduits ou galeries d'un système séparé. Dans ce calcul des sections, on ne devra pas perdre de vue, surtout lorsqu'il s'agira du système séparé, l'intérêt qu'il y a à prévoir les bassins résultant de l'augmentation progressive de la population.

En ce qui concerne le débouché des égouts, le Conseil supérieur considère comme inacceptable le déversement des eaux *non épurées* dans un fossé ou une rigole à ciel ouvert qui devient promptement une cause d'infection; les eaux usées doivent couler dans des galeries ovoïdales ou dans une conduite cylindrique jusqu'à leur point d'évacuation.

Il n'est pas admissible qu'une ville puisse souiller d'une manière quelconque les cours d'eau qui la traversent ou qui coulent dans son voisinage. On ne saurait donc approuver aucun projet dans lequelles les eaux recueillies par les égouts seraient déversées sans épuration préalable dans un ruisseau, un canal, un lac, une rivière, un fleuve, ou même dans la mer à proximité des ports, des plages ou des parcs à coquillages.

Il importe encore de signaler d'une façon particulière aux communes que les déversements d'eaux d'égout dans les cours d'eau navigables ou non, ou à la mer, ne peuvent être admis que sous réserve de l'avis des services chargés de la conservation de ces cours d'eau ou des ouvrages maritimes, auxquels il appartient de fixer les mesures à prendre. Et, afin de permettre à ces services de remplir le rôle qui leur est imparti, il est indispensable que les projets d'égouts, accompagnés des projets d'épuration des eaux, soient communiqués à leurs ingénieurs (selon le cas, ingénieurs des services de la navigation pour les cours d'eau navigables, ingénieurs du service hydraulique pour les cours d'eau non navigables, et ingénieurs des services maritimes pour les déversements à la mer), avant d'être soumis aux Conseils dépar-

tementaux d'hygiène et au Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

II. — *Épuration des eaux d'égout.*

Lorsqu'il s'agira d'épurer les eaux d'égouts d'un réseau unitaire déjà existant, le dispositif d'épuration devra être précédé d'un ou plusieurs bassins de décantation pour séparer les corps lourds (sables scories, gravier, etc.). Il comportera en outre soit une surface de terrains d'épandage capables de traiter le volume normal évacué, soit des lits bactériens supplémentaires ou lits d'orage, assurant le traitement éventuel du même volume.

La quantité moyenne d'eaux usées, additionnées ou non des matières de vidange, produite dans les agglomérations urbaines. doit être calculée *au minimum* à raison de 100 litres par habitant et par vingt-quatre heures. En tenant compte des excréments d'animaux domestiques, ces 100 litres renferment environ 25 à 40 grammes de matières sèches (organiques ou minérales), soit 250 à 400 grammes par mètre cube. Ces chiffres sont susceptibles de grandes variations suivant les industries, les habitudes locales et la quantité d'eau dont les habitants disposent pour leurs usages ménagers.

L'épuration peut être réalisée :

1° Soit avec le concours de réactifs chimiques;

2° Soit par le sol (épandage avec ou sans utilisation culturale):

3° Soit par les procédés biologiques artificiels (lits bactériens avec ou sans fosses septiques).

L'épuration chimique, très coûteuse et très difficile à réaliser dans des conditions satisfaisantes, doit être réservée aux eaux résiduaires industrielles ou aux eaux d'égout urbaines contenant des résidus industriels susceptibles d'entraver les phénomènes de désintégration de la matière organique par les microbes du sol ou des lits bactériens.

La nature et les proportions de réactifs à employer varient selon les circonstances et selon la composition chimique des eaux à traiter.

Une étude spéciale devra donc être effectuée pour chaque cas par des personnalités compétentes.

L'épuration biologique naturelle par le sol (épandage avec ou sans utilisation culturale) est assurément le procédé qui, pour le traitement des eaux d'égouts des villes, fournit en général les résultats les plus parfaits avec le minimum de dépenses. Mais ce procédé n'est applicable que lorsqu'on dispose, à faible distance de l'agglomération urbaine, de terrains suffisamment vastes, assez peu coûteux, d'une constitution homogène sur une assez grande profondeur et régulièrement perméables.

Les surfaces nécessaires pour que l'épuration soit convenablement efficace varient, dans chaque cas particulier, suivant la situation du sol et du climat. Elles sont en outre influencées par le choix et la répartition des cultures, lorsque le terrain est utilisé pour l'exploitation agricole; dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit simplement de filtration intermittente sur un sol nu, ces surfaces pourront être plus faibles.

Qu'il s'agisse ou non d'épuration agricole, le drainage du sol, s'il y a lieu d'y pourvoir, sera déterminé par la situation de la nappe souterraine, le degré de perméabilité du terrain et l'importance du volume d'eau à épurer.

En aucun cas les champs d'épandage ne peuvent être employés à la culture de légumes ou de fruits en contact avec le sol et destinés à être mangés crus.

Ils ne doivent être établis qu'après examen du service hydraulique, conformément à la circulaire du ministre de l'Agriculture en date du 20 août 1906 sur la police des eaux.

Les sols utilisés pour l'épuration des eaux d'égout devront être régulièrement travaillés pour éviter le colmatage. L'épandage y sera réglé par déversements intermittents, de telle sorte qu'il ne se produise jamais de stagnation à la surface.

L'établissement d'un champ d'épandage au voisinage de puits ou de nappes d'eau souterraines servant à l'alimentation et insuffisamment protégés contre les infiltrations superficielles peut constituer un danger si l'épuration est insuffisante, irrégulière ou mal dirigée.

Les procédés biologiques artificiels permettent d'effectuer l'épuration des eaux d'égout sur des sols artificiellement constitués par des matériaux très perméables (tels que scories ou mâchefer, pouzzolanes ou corps poreux de toutes sortes) disposés en lits sur une épaisseur moyenne de 1 m. 50 à 2 mètres.

A la surface de ces lits, on déverse par intermittences, soit au moyen de canalisations desservies par des réservoirs de chasse, soit au moyen de dispositifs mécaniques quelconques dont on connaît actuellement un grand nombre de systèmes, des volumes d'eau d'égout correspondant en moyenne à 500 litres par mètre carré de surface et par vingt-quatre heures (5000 mètres cubes par hectare et par jour, ou 1 825 000 mètres cubes par hectare et par an).

Le liquide filtre à travers le sol poreux et s'y débarrasse de la matière organique qu'il contenait. Celle-ci est rapidement transformée en nitrates par une série d'actions microbiennes d'autant plus actives que l'aération du lit est plus parfaite dans toute la masse des matériaux qui le constituent.

Pour que l'épuration s'accomplisse d'une manière satisfaisante sans encrasser le lit bactérien, il est indispensable :

a) Que l'eau distribuée à la surface du lit soit débarrassée aussi parfaitement que possible de toute matière en suspension;

b) Que la distribution soit régulière et que les déversements soient réglés de telle sorte que l'oxydation des substances organiques dissoutes, fixées sur les matériaux pendant les périodes de mouillage, ait le temps de s'effectuer.

La première condition (séparation des matières en suspension) peut être réalisée de plusieurs manières :

La plus simple consiste à retenir préalablement les eaux d'égout dans un ou plusieurs bassins étanches et convenablement disposés pour recueillir par *décantation* ou *dépôt* toutes les substances lourdes et pour séparer au moyen de diaphragmes ou de chicanes de surfaces les corps légers flottants, en particulier les graisses. Pour que ces matières soient retenues, il est alors indispensable de donner aux bassins une capacité correspondant au débit total moyen fourni par l'égout en six heures.

L'effluent est ensuite dirigé sur les lits bactériens et les boues sont évacuées des bassins de dépôt au moyen de dragues ou de pompes, sans avoir subi de fermentation. Avec ce système, la manutention des boues exige une main-d'œuvre assez onéreuse.

Aussi lui préfère-t-on dans beaucoup de cas celui des *fosses septiques étanches* qui permet de raréfier notablement les dragages.

Les fosses septiques sont des bassins profonds de 2 à 4 mètres et d'une capacité correspondant au débit total fourni par l'égout en vingt-quatre heures.

Ces fosses restant constamment pleines laissent écouler par déversement à l'une de leurs extrémités un volume d'eau égal à celui qu'elles reçoivent à l'autre extrémité. Elles remplissent la double fonction de bassins de décantation et de bassins de fermentation. Les matières lourdes se déposent au fond ; les matières légères (graisses principalement) émergent à la surface et y sont retenues par des cloisons plongeantes qui ne laissent filtrer que les liquides parfaitement décantés. Les fermentations complexes qui s'y accomplissent ont pour résultat de solubiliser environ 30 à 50 pour 100 des matières organiques en suspension qu'elles reçoivent. Celles de ces matières que les ferments microbiens ne parviennent pas à dissoudre y restent accumulées en même temps que les substances minérales (argiles et sables fins). On les évacue de temps en temps avec des pompes ou par dragages, lorsque leur masse réduit d'un tiers environ la capacité volumétrique des fosses.

Les fermentations qui s'accomplissent dans les fosses septiques s'accompagnent de dégagements gazeux assez abondants dont le volume correspond en moyenne à 10 litres par mètre cube d'eau d'égout traitée. Ces dix litres de gaz sont constitués par un mélange de méthane (gaz de marais), d'acide carbonique et d'hydrogène avec une petite quantité d'hydrogène sulfuré. Leur odeur, souvent désagréable, entraîne l'obligation de placer les fosses septiques loin des agglomérations ou même, dans certains cas, de supprimer leur emploi.

Pour éviter l'encombrement trop rapide des fosses septiques par des corps étrangers insolubles (sables, scories, cendres), il est toujours nécessaire de n'y admettre que des eaux d'égout grossièrement décantées, soit au moyen de bassins spéciaux munis de grilles placées à leur entrée, soit au moyen de décanteurs mécaniques dont il existe un grand nombre de systèmes.

L'effluent des fosses septiques est évacué et distribué sur les lits bactériens, comme il a été dit ci-dessus.

Il importe de savoir que la fosse septique ne saurait en aucun cas être considérée comme réalisant, même partiellement, l'épuration des eaux d'égout. Son rôle est limité à la solubilisation d'une partie des matières organiques en suspension.

L'épuration ne s'accomplit que sur les lits bactériens par l'action des ferments aérobies dont sont peuplés les matériaux poreux qui les constituent.

Aussi les autorités sanitaires ne sauraient-elles être mises trop en garde contre cette idée erronée et trop fréquemment émise que les fosses septiques sont des appareils d'assainissement. Les fosses septiques sans lits bactériens, proposées pour remplacer les fosses d'aisance fixes, ne sauraient être tolérées dans les villes; par les mauvaises odeurs qu'elles dégagent et par leurs déversements directs de matières en pleine fermentation à l'égout, elles constituent à la fois une gêne et un redoutable danger pour la santé publique. L'usage n'en est possible que dans les campagnes, lorsque leur effluent peut être déversé sur des prairies.

Tels sont les principes généraux qui permettront aux intéressés de faire un choix judicieux parmi les dispositifs d'assainissement dont l'efficacité est actuellement démontrée, en tenant compte des conditions économiques et des exigences sanitaires de chaque localité.

Les commissions sanitaires d'arrondissement et les conseils d'hygiène départementaux devront veiller à ce qu'aucun projet d'épuration d'eaux d'égout ne soit approuvé sans que les conditions de contrôle ci-après établies par le Conseil supérieur d'hygiène publique aient été imposées et acceptées par ceux qui en assureront l'exécution.

III. — *Documents à fournir à l'appui des demandes d'autorisation de construction d'égouts ou de projets d'assainissement.*

Tout projet soumis à l'instruction devra fournir les éléments d'information ci-après :

1° Par un mémoire descriptif suffisamment complet :

La population de la ville et des agglomérations desservies par les égouts projetés;

La superficie et la topographie de l'agglomération;

Le nombre de maisons et la densité moyenne de la population;

La pluviométrie (hauteur d'eau totale tombée dans une année, nombre de jours de pluie, averses exceptionnelles);

Le mode de revêtement des chaussées et des trottoirs;

L'alimentation en eau potable;

Les surfaces des parties dont les égouts doivent recueillir les eaux, surfaces réparties en bassins divers, s'il y a lieu;

La nature des eaux que les égouts doivent évacuer : eaux pluviales, eaux de lavage des rues, eaux ménagères, eaux de lavoirs, eaux industrielles, matières de vidanges. Dans le cas où ces dernières ne seront pas recueillies dans les égouts, indiquer quelles dispositions sont prises pour assurer que ce déversement ne peut avoir lieu; dire ce que deviennent ces matières.

Existe-t-il des hôpitaux, des casernes, des établissements industriels devant déverser des eaux impures dans les égouts? Énoncer la nature des industries.

Indiquer les moyens prévus pour assurer la ventilation continue et le nettoyage des égouts; les chasses automatiques ou non; les dispositions prises pour l'envoi direct et immédiat, dans la canalisation publique, de toutes les déjections des maisons : vidanges, eaux ménagères, eaux pluviales; et les mesures à prendre pour arrêter ou restreindre l'apport dans les égouts de corps solides susceptibles d'y entraver l'écoulement des eaux.

Enfin le mémoire devra mentionner, avec précision, ce que deviendront les eaux recueillies dans les égouts : subissent-elles une purification? De quelle nature? Décrire le fonctionnement du système d'épuration et indiquer, dans le cas de l'épandage, la surface utilisée et la nature géologique du sol et du sous-sol.

Ces eaux sont-elles déversées simplement dans un cours d'eau? Quel est le débit minimum de celui-ci? Quelles sont les agglomérations riveraines existant en aval du débouché de l'égout? et à quelles distances?

2° Par des dessins (plans, coupes et profils), le tracé, la pente et la section des égouts et les types des différents ouvrages de la canalisation (bouches, regards de visite, réservoirs de chasse, etc.);

Et par un tableau indiquant pour chacune des voies drainées :

La désignation et la longueur de la rue;

La longueur et la pente de l'égout projeté;

Le volume total des eaux à débiter, en litres et par seconde (eaux usées additionnées ou non des matières de vidange et eaux de pluies, s'il s'agit du système unitaire; eaux usées et matières de vidanges seulement, dans le cas d'un système séparé);

La section minima de l'égout nécessaire, d'après le calcul;

La forme ou la section pratique adoptée (conduites circulaires ou égouts en maçonnerie);

3° Pour l'épuration des eaux d'égouts :

a) Les plans, coupes et dispositifs des différents ouvrages proposés :

b) La nature des eaux à traiter et leur composition chimique établie d'après les méthodes d'analyse indiquées en annexe de la présente instruction ;

c) La quantité de ces eaux à évacuer et à épurer par jour ;

d) Les variations saisonnières et journalières de volume ;

e) La disposition du lieu où s'effectuera l'épuration (nature et étendue du terrain, perméabilité et drainage, arrivée de l'eau par gravité ou par refoulement) ;

f) Le point de déversement des eaux épurées (utilisation possible de celles-ci à l'irrigation culturale, rejet dans des cours d'eau ou à la mer).

Dans les cas où les eaux épurées devraient être déversées dans un cours d'eau, on aurait à fournir des indications sur le régime de ce dernier et on précisera si les eaux servent à l'alimentation de localités situées en aval, et s'il existe, dans le cas de déversement à la mer, des stations balnéaires ou des parcs à coquillages voisins, susceptibles d'être contaminés par les microbes pathogènes ou par d'autres substances nocives provenant des égouts.

IV. — *Contrôle de l'épuration des eaux d'égout. Méthodes d'analyse.*

Aux termes des articles 21 et 25 de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique, le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, les conseils départementaux et les Commissions sanitaires doivent être consultés sur les projets d'assainissement et sur les dispositifs d'épuration d'eaux d'égout ou d'eaux vannes ménagères ou industrielles.

Or, la plupart des projets d'assainissement et des dispositifs d'épuration récemment soumis à l'examen desdits conseils ou commissions, bien qu'établis en apparence conformément aux données scientifiquement admises, fournissent après leur réalisation des résultats défectueux, et, loin d'améliorer les conditions de salubrité des localités et des cours d'eau, ils constituent au contraire de réels dangers pour la santé publique. Il paraît donc indispensable d'imposer aux autorités sanitaires locales ou régionales l'obligation de contrôler fréquemment l'efficacité de l'épuration obtenue et d'interdire les déversements d'eaux d'égout ou d'eaux vannes ménagères ou industrielles insuffisamment épurées, non seulement dans les cours d'eau, mais aussi à la surface du sol, lorsqu'une nappe aquifère souterraine servant à l'alimentation de puits voisins est susceptible d'être contaminée.

Pour que ce contrôle soit pratiquement réalisable, il faut qu'il puisse être effectué par des moyens très simples. Il faut en outre

que, tenant compte des circonstances ou des dispositions spéciales à chaque localité, les autorités sanitaires n'exagèrent pas les difficultés du problème à résoudre et sachent se borner à exiger que les eaux usagées soient rendues imputrescibles aux nappes souterraines ou aux cours d'eau. Il serait évidemment déraisonnable d'imposer aux municipalités ou aux industriels l'obligation de rendre aux rivières ou aux fleuves une eau plus pure que celle qu'on peut leur emprunter.

Quel que soit le procédé employé, on peut admettre que l'épuration est satisfaisante et que l'eau traitée peut être évacuée sans inconvénients quand elle ne renferme aucune matière en suspension susceptible de se déposer sur les bords ou dans le lit des rivières, ni aucune matière en solution capable, soit de fermenter en dégageant des gaz nauséabonds, soit d'intoxiquer les êtres vivants, animaux ou végétaux.

Il n'est pas possible d'établir des règles invariables basées sur des résultats d'analyses. Ceux-ci n'ont de valeur que pour déterminer le meilleur procédé à appliquer dans telle ou telle circonstance et pour comparer sur une même eau d'égout, *avant* et *après* traitement, le degré d'efficacité du procédé choisi.

Hormis certains cas très exceptionnels, la pureté *bactériologique* ne saurait être exigée. On ne peut l'obtenir ni par l'irrigation intermittente sur sol nu ou cultivé, ni par les méthodes biologiques artificielles. Si les eaux d'égout épurées doivent servir à l'alimentation d'agglomérations urbaines en aval de leur point de déversement, il sera toujours nécessaire d'assurer leur purification complète par l'un quelconque des procédés de stérilisation applicables aux eaux de ruissellement.

Les eaux d'égout traitées par les méthodes biologiques artificielles renferment le plus souvent à leur sortie des lits bactériens un grand nombre de germes saprophytes qui jouent un rôle très actif dans les processus d'épuration. Ces germes s'éliminent d'eux-mêmes lorsque la matière organique a disparu. Ils ne contribuent en aucune manière à polluer les rivières qui les reçoivent, et ils ne constitueraient une cause de souillure pour celles-ci que s'ils trouvaient dans l'eau de ces rivières un milieu organique favorable à leur multiplication.

En règle générale, on peut donc ne tenir aucun compte de leur présence lorsque l'eau épurée qui les véhicule ne renferme plus de substances organiques putrescibles et a subi une nitrification satisfaisante. Il est d'ailleurs facile de constater qu'ils n'accroissent pas l'impureté des rivières, en faisant la numération des germes contenus dans l'eau de ces rivières sur deux échantillons prélevés en plein courant, l'un en amont, l'autre en aval, à quelques centaines de mètres du point de déversement.

L'élimination aussi complète que possible des matières en suspension est autrement importante : c'est elle surtout qu'il faut exiger.

La *commission royale anglaise*, pour l'étude des procédés d'épuration des eaux d'égout, fixe à 0gr,03 pour 1000 (dont 0gr,02 de matière organique et 0gr,01 de substances minérales) le maximum de ces matières en suspension qu'ont peut considérer comme tolérable. Nous proposons d'admettre cette limite qui, dans les installations d'épuration biologique convenablement aménagées, ne doit jamais être dépassée.

Il convient également d'attacher un grand intérêt à la détermination de la *putrescibilité* par l'épreuve très simple connue sous le nom de « test d'incubation » ([1]).

Cette épreuve consiste à prélever dans un flacon, après décantation ou filtration sur papier, un échantillon de l'eau supposée épurée. Le flacon, bouché à l'émeri, est conservé pendant sept jours à l'étuve à la température de 30 degrés. On titre, avant et après cette « incubation », la quantité d'oxygène que l'eau est susceptible d'emprunter au permanganate de potasse en 3 minutes ([2]).

Si cette eau contient des matières organiques putrescibles, les ferments qui la peuplent s'emparent d'abord de l'oxygène dissous, puis, lorsque celui-ci a été utilisé, ils décomposent les composés oxygénés, d'abord les nitrates, puis les sulfates. Avec ces derniers, ils forment, par réduction, des sulfures que révèle facilement leur odeur nauséabonde.

Un effluent convenablement épuré emprunte sensiblement la même quantité d'oxygène au permanganate *avant* et *après* les sept jours d'incubation à 30 degrés. Au contraire, un effluent putrescible contenant des composés avides d'oxygène, tels que l'hydrogène sulfuré, absorbe plus d'oxygène, et les résultats de la détermination sont plus forts *après qu'avant* l'incubation.

La commission royale anglaise indique justement que cette épreuve du *test d'incubation* fournit des données plus exactes sur un mélange, en *proportions correspondantes à leur volume respectif*, de l'eau épurée et de l'eau de la rivière qui doit recevoir celle-ci. Le but essentiel que l'on poursuit en l'effectuant est d'évaluer approximativement la quantité de matières organiques contenues dans l'eau. Mais il importe de se rappeler qu'il ne s'agit là que d'une approximation, car certaines substances parfois abondantes dans les eaux résiduaires industrielles, telles que les sulfures, les nitrites, les sulfocyanates, les phénols et leurs dérivés, les matières colorantes, etc., sont également capables de réduire le permanganate de potassium.

Pour apprécier si une eau d'égout traitée par filtration intermit-

([1]) Voir plus loin la technique de cette méthode.

([2]) Généralement, en Angleterre, ce « test d'incubation » se pratique en évaluant la quantité d'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes; on y ajoute une détermination spéciale de la quantité d'oxygène emprunté à froid au permanganate en 4 heures, et cette épreuve permet d'évaluer la quantité de matières organiques contenues dans l'eau.

tente sur le sol ou sur des lits bactériens est suffisamment épurée, il n'est ordinairement pas indispensable de faire d'autres analyses. Il peut toujours être utile de doser, *avant et après épuration*, l'azote organique, l'ammoniaque, les nitrites et les nitrates ; mais les éléments d'information qu'apporteront les résultats de ces analyses ne modifieront pas le jugement que le test d'incubation et la teneur de l'eau épurée en matières en suspension auraient permis de porter.

L'expérience montre, en effet, qu'il n'existe aucun rapport défini entre la proportion d'azote albuminoïde ou d'azote total et la quantité d'ammoniaque que peut contenir une eau épurée. En revanche, la détermination du taux d'ammoniaque et celle des nitrates fournissent une indication utile sur l'intensité des phénomènes d'oxydation qui s'accomplissent soit dans un champ d'épandage, soit sur un lit bactérien. Pour cette raison, il conviendra de ne pas les négliger.

En résumé, et bien que les études actuellement en cours sur les méthodes d'analyse des eaux d'égout ne permettent pas de préciser la nature des substances organiques contenues dans ces eaux, nous estimons qu'on doit provisoirement admettre que *l'épuration est satisfaisante* :

1° *Lorsque l'eau épurée ne contient pas plus de 0 gr. 03 de matières en suspension par litre ;*

2° *Lorsque, après filtration sur papier, la quantité d'oxygène que l'eau épurée emprunte au permanganate de potassium en 3 minutes reste sensiblement constante avant et après 7 jours d'incubation à la température de 30 degrés, en flacon bouché à l'émeri ;*

3° *Lorsqu'avant et après 7 jours d'incubation à 30 degrés l'eau épurée ne dégage aucune odeur putride ou ammoniacale ;*

4° *Enfin lorsque l'eau épurée ne renferme aucune substance chimique susceptible d'intoxiquer les poissons et de nuire aux animaux qui s'abreuveraient dans le cours d'eau où elle est déversée.*

Dans certains cas, on pourra tolérer l'évacuation d'un effluent incomplètement épuré et légèrement putrescible, lorsque cet effluent ne renfermera pas un excès de matières en suspension et lorsqu'il sera déversé dans un cours d'eau à grand débit (d'un volume au moins 50 fois plus considérable). On s'assurera alors que l'eau de la rivière ou du fleuve a une composition chimique et bactériologique sensiblement égale dans les échantillons prélevés *en amont et en aval, à quelques centaines de mètres du point de déversement.*

Rappelons en outre que, si parfaite que puisse être l'épuration réalisée par les procédés biologiques (lits bactériens ou irrigation intermittente avec ou sans utilisation culturale), *on ne doit jamais employer une eau d'égout épurée*, même très diluée, *à des usages alimentaires, sans purification chimique ou filtration préalable.*

Il est extrêmement désirable qu'avant d'être présenté à l'examen

du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, des Conseils d'hygiène départementaux ou des Commissions sanitaires, chaque projet d'épuration soit étudié avec le plus grand soin pour éviter les dépenses inutiles et l'adoption de procédés ou de dispositifs non appropriés aux conditions locales.

Il importe enfin que toutes les stations d'épuration d'eaux d'égout ou d'eaux résiduaires industrielles susceptibles d'intéresser la santé publique, soient l'objet d'une surveillance constante de la part des autorités sanitaires, lesquelles devront s'assurer fréquemment de leur bon fonctionnement et de leur état d'entretien.

V. — *Technique du* Test d'incubation *ou indice de putrescibilité des eaux épurées.*

Les réactifs nécessaires pour employer cette méthode d'analyse sont :

1° Solution de permanganate de potasse contenant 0 gr. 395 de permanganate par litre (1 centimètre cube de cette solution correspond à 0 milligr. 1 d'oxygène) ;

2° Solution d'acide sulfurique pur au 1/5 en volume ;

3° Solution d'iodure de potassium à 10 pour 100 ;

4° Empois d'amidon à 2 grammes par litre ;

5° Solution titrée d'hyposulfite de soude. On dissout 7 grammes de ce sel dans un litre d'eau. Cette solution doit être préparée de façon que 1 centimètre cube corresponde à 2 centimètres cubes de la solution de permanganate. Pour cela, on mélange 50 centimètres cubes d'eau distillée, 10 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué au 1/5 et 50 centimètres cubes de la solution de permanganate. On ajoute alors goutte à goutte la solution d'iodure de potassium jusqu'à ce que le mélange ait la coloration jaune brun clair de l'iode. Au moyen d'une burette graduée, on verse la solution d'hyposulfite jusqu'à coloration jaune pâle.

On ajoute quelques gouttes de l'empois d'amidon et on continue à faire couler la solution d'hyposulfite jusqu'à décoloration. Si la solution est exacte, on aura employé 25 centimètres cubes d'hyposulfite. Si l'on n'obtient pas ce résultat, on ajuste la solution par une dilution convenable.

Cette solution est très altérable ; aussi doit-on en préparer peu à l'avance, et en tout cas, la titrer chaque fois avant d'en faire usage.

Technique de la méthode. — On mesure dans un matras 50 centimètres cubes de l'eau à analyser, préalablement bien décantée ou filtrée sur papier ; on ajoute 5 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/5, puis 20 centimètres cubes ou davantage de solution de permanganate. On abandonne le matras pendant trois minutes à la température du laboratoire. Au bout de ce temps on ajoute la solution d'iodure et l'on titre à l'hyposulfite. En tenant compte du

volume d'eau employé (50 centimètres cubes), 1 centimètre cube de la solution d'hyposulfite correspond à 4 milligrammes d'oxygène.

Il est nécessaire qu'il y ait toujours un excès de permanganate pendant les 5 minutes et qu'après ce délai le mélange soit encore nettement coloré en rouge.

Le titrage par la solution d'hyposulfite doit être effectué aussitôt après l'addition de la solution d'iodure, pour éviter les erreurs que produirait la mise en liberté d'une partie de l'iode par l'acide sulfurique en solution.

L'analyse, faite une première fois sur l'échantillon d'eau après son prélèvement, est répétée sur le même échantillon après qu'il a été conservé en flacon bouché à l'émeri pendant 7 jours à l'étuve à 30 degrés. Si l'eau est convenablement épurée, la quantité d'oxygène empruntée au permanganate avant et après incubation est sensiblement la même. Il y a lieu de remarquer toutefois que certaines eaux épurées, non putrescibles, mais riches en nitrates et contenant encore des matières organiques, peuvent absorber plus d'oxygène après qu'avant l'incubation, par suite de la décomposition des nitrates en nitrites. On doit donc toujours s'assurer si l'eau ne contient pas *après* incubation des quantités importantes de nitrites.

III. — LA DÉTERMINATION DE LA PUTRESCIBILITÉ DES EAUX ÉPURÉES

d'après G. Fendler et W. Stüber

(Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 20, p. 333.)

Les auteurs ont étudié la réaction de *Caro* telle qu'elle a été employée par *Weldert* et *Röhlich*[1]. On sait que cette réaction est basée sur ce fait que la paraamidodiméthylaniline donne, en présence de chlorure de fer en solution chlorhydrique, du bleu de méthylène en présence d'hydrogène sulfuré. *Weldert* et *Röhlich* n'emploient dans ce but qu'une seule solution composée de 100 centimètres cubes de paraamido diméthylaniline à 1 pour 100, 200 centimètres cubes d'acide chlorhydrique (D : 1,19) et 100 centimètres cubes d'une solution à 1 pour 100 de chlorure ferrique Pour rechercher l'hydrogène sulfuré, il suffit de mélanger 10 centimètres cubes de l'eau à examiner avec 5 centimètres cubes de réactif.

Les auteurs ont constaté que cette méthode est très sensible, mais la coloration n'est cependant pas très caractéristique en présence de très faibles quantités d'hydrogène sulfuré. La colora-

[1] Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. Heft 10, 1908.

tion est plus nette dans ce cas en employant 3 solutions, une solution à 1 pour 100 de paraamidodiméthylaniline, une solution à 1 pour 100 de chlorure ferrique et une solution d'acide chlorhydrique à 25 pour 100 ($d = 1,125$). On opère alors sur 20 centimètres cubes d'eau qu'on additionne de 1 centimètre cube de la solution chlorhydrique, de 0 cc. 5 de la solution de paraamidodiméthylaniline et de 0 cc. 5 de la solution de chlorure ferrique. En présence de très faibles quantités d'hydrogène sulfuré, il se produit une coloration rouge violette qui passe rapidement au bleu.

La réaction de *Caro* est en défaut en présence de grandes quantités de nitrites (plus de 90 milligrammes Az^2O^5 par litre). Les nitrates ne gênent pas.

L'essai au *papier d'acétate de plomb* possède, d'après les auteurs, quand il est bien effectué, la même sensibilité que la *réaction de Caro*, et il a l'avantage de ne pas être gêné par la présence des nitrites, si on se borne à la recherche de l'hydrogène sulfuré libre, sans acidifier le liquide. Cette méthode est donc préférable à la réaction de *Caro*, dans les liquides riches en nitrites.

IV. — LA FAUNE ET LA FLORE SAPROPHYTIQUE DES EAUX ET LEURS VARIATIONS AVEC LE DEGRÉ DE POLLUTION

D'après R. Kolkwitz et M. Marsson (Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 20 janvier 1909).

Les auteurs ont dressé un tableau, comprenant plus de 300 espèces, des saprophytes végétaux et animaux qui peuvent servir à caractériser le degré de pureté des eaux. Ils envisagent ainsi trois zones de purification spontanée des eaux :

1° La zone des Polysaprophytes ;
2° La zone des Mésosaprophytes α et β ;
3° La zone des Oligosaprophytes.

Les matières organiques putrescibles exercent en effet une influence considérable sur la répartition des organismes végétaux, comme les auteurs ont pu s'en rendre compte par de très nombreuses recherches dans les cours d'eau des pays les plus divers. Ces trois zones peuvent se caractériser de la façon suivante :

1° La zone des Polysaprophytes correspond, au point de vue chimique, à une richesse assez élevée de l'eau en matières organiques complexes putrescibles (albumines et hydrates de carbone). Tel est le cas des eaux résiduaires des villes et des industries. Ces eaux sont en outre le siège de phénomènes de réduction, de production d'hydrogène sulfuré et de sulfure de fer, etc.... Les organismes y sont nombreux, mais assez uniformes : on y trouve sur

tout des Schizomycètes et des Flagellés non colorés. Le nombre de ces organismes peut dépasser 1 million par centimètre cube.

2° La zone des Mésosaprophytes peut se diviser en deux parties. Dans la zone α, la purification de l'eau se fait encore activement, mais, contrairement à ce qui se passe dans la première zone, on voit apparaître des phénomènes d'oxydation dus à la production d'oxygène par des plantes à chlorophylle. Les matières azotées complexes y sont dégradées à l'état de composés amidés. Dans la zone β, les produits de décomposition s'approchent de plus en plus de la forme minérale. Les eaux normales de drainage des terres peuvent, dans la plupart des cas, être rattachées à cette zone. La zone des Mésosaprophytes est particulièrement riche en Diatomacées, Schizophycées et Chlorophycées.

3° La zone des Oligosaprophytes correspond au groupe des eaux pratiquement pures, dans lesquelles la minéralisation est complète et elle se rattache ainsi à la région β de la zone précédente. La teneur de l'eau en oxygène est voisine de celle qui correspond à la solubilité de ce gaz, la proportion d'azote organique ne dépasse pas 1 milligramme par litre, la transparence est parfaite, la contamination bactérienne est faible et ne dépasse que rarement 1000 bactéries par centimètre cube.

Les auteurs ont ainsi dressé un long tableau très complet des espèces végétales et animales qu'on rencontre dans ces diverses zones. La zone polysaprophytique et la zone α-mésosaprophytique renferment surtout des Flagellés non colorés. Les Ciliés, plus faciles à reconnaître que les précédents, ont une très grande importance pour l'appréciation du degré de pollution de beaucoup de cours d'eau. Ils sont surtout abondants dans la zone mésosaprophytique. Parmi les *Vermes*, les *Tubificides limicoles* sont particulièrement importants pour caractériser les zones polysaprophytique et α-mésosaprophytique, tandis que les autres espèces appartiennent à la zone des eaux pures. Les divers *Rotatoria* sont également très répandus; leurs espèces permettent de reconnaître aussi certaines zones. Les mollusques se classent en majorité dans la zone oligosaprophytique.

V. — L'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DANS LES PETITES AGGLOMÉRATIONS

D'après A. Lubbert (Gesundheits Ingenieur 1909, n° 9, 16, 18, 24, 27).

L'auteur donne quelques exemples pour montrer comment on a résolu le problème de l'épuration des eaux résiduaires de maisons particulières, d'hôtels, d'hôpitaux, de prisons dans divers pays.

En Amérique, on emploie surtout l'épandage ou la filtration

intermittente sur le sol ou sur le sable. Cette dernière méthode a été adoptée à *Fairmont*, petite ville de 3000 habitants produisant environ 90 mètres cubes d'eaux résiduaires par jour. L'épuration se fait au moyen d'une fosse septique couverte, de 300 mètres cubes, qui alimente deux filtres intermittents à sable qui ont ensemble une surface utile de 2400 mètres carrés. Au Sanatorium de *Montefiore*, près *Bedford* N Y, l'épuration des 75 mètres cubes d'eau d'égout, fournis par les 200 pensionnaires, se fait par fosse septique et lits bactériens. Les fosses septiques sont divisées en trois parties par des chicanes longitudinales, de sorte que l'eau parcourt, avant de sortir de la fosse, un chemin égal à trois fois la longueur de cette fosse. Un siphon déverse automatiquement, toutes les 10 ou 20 minutes, l'eau d'égout sur les trois lits bactériens. Ces derniers sont des cylindres de 5 m. 94 de diamètre et de 1 m. 91 de hauteur, remplis de pierres de 25 à 64 millimètres de grosseur, sur lesquels l'eau est répartie au moyen de becs pulvérisateurs Colombus. L'effluent de ces lits se réunit dans un bac de décantation de 17 mètres cubes, et l'eau clarifiée est traitée ensuite par l'épandage.

Un grand hôtel de *Bedford* en Pensylvanie possède une installation très intéressante. Sur le domaine se trouvent plusieurs sources qui laissent écouler beaucoup d'eau riche en soufre, en fer et en magnésie. Ces eaux se réunissent dans un ruisseau où l'hôtel évacue ses eaux d'égout. L'hôtel produit chaque jour 60 mètres cubes d'eaux d'égout, auxquelles se joignent 90 mètres cubes d'eau des sources. L'installation comprend une fosse à sable avec grille, puis une fosse septique de $6{,}10 \times 12{,}20$ de surface et de 1 m. 65 de profondeur moyenne; ensuite viennent deux lits bactériens de contact, de $6{,}10 \times 12{,}20$ de surface et de 1 m. 10 de profondeur, drainés avec des tuyaux en terre cuite, de telle sorte que la vidange du lit ne dure pas plus de 40 minutes. Ces lits sont constitués par une couche de pierres de 15 centimètres sur laquelle se trouve une couche de coke de 76 centimètres recouverte elle-même de 15 centimètres de fines pierres.

L'auteur décrit ensuite, parmi les installations françaises, le transformateur intégral de *Bordigoni*, le puisard absorbant d'*Auscher*, la fosse *Simplex* de *Gaultier*, et la fosse septique et lit de *Degoix*. Ces appareils sont suffisamment connus par nos publications antérieures pour qu'il soit inutile de les décrire ici.

En Allemagne, le procédé *Degener* à la bouillie de charbon s'est répandu dans les petites installations. La méthode consiste à ajouter à l'eau d'égout de la poussière fine de charbon, à raison de 1 à 2 kilogrammes par mètre cube d'eau et à précipiter ensuite par le sulfate d'alumine ou de fer. La poudre de charbon fixe les matières organiques putrescibles et, après l'addition du précipitant chimique, l'eau se clarifie et reste imputrescible. La difficulté consiste à déterminer la proportion de charbon et de précipitant

suivant le degré de contamination des eaux; mais cette proportion s'apprécie aisément avec un peu de pratique. Quant aux boues, elles sont transformées en briquettes et constituent un bon combustible par suite du charbon qu'elles renferment.

Parmi les autres procédés employés pour les petites installations, on peut citer surtout l'épuration par lits percolateurs du type *Dunbar*. Ces lits sont construits sur un sol bétonné et imperméable, en ayant soin de réserver une pente de chaque côté vers une rigole médiane et une pente de cette rigole vers la sortie. Au-dessus, on place une couche de 1 mètre de matériaux poreux et gros comme la tête d'un enfant, puis une couche de matériaux de la grosseur du poing, une couche de 10 centimètres de fins matériaux de 10 à 30 millimètres de grosseur, et enfin une dernière couche de 10 centimètres de très fins matériaux de 5 à 10 millimètres. Cette dernière couche porte la couche superficielle proprement dite, de 50 centimètres d'épaisseur formée de grains de 1 à 3 millimètres. La répartition de l'eau se fait soit directement à la surface de la couche filtrante supérieure, soit au moyen d'une ou plusieurs gouttières. L'adjonction aux matériaux de la couche filtrante de 20 pour 100 de matériaux de moins de 1 millimètre de grosseur améliore beaucoup le fonctionnement du lit pour le chargement de 1 mètre cube d'eau d'égout par mètre carré de surface.

Il existe en Allemagne plusieurs exemples de ces installations. Celle de la maison de convalescence *Poppenbüttel* épure chaque jour 3 mètres cubes d'eaux résiduaires : elle comprend une fosse à sable de 1^{m3},2 et un lit percolateur *Dunbar* à deux étages, chaque étage pouvant être utilisé isolément. Le lit supérieur a une surface de 5^{m2},4; quand il est nécessaire de régénérer sa couche filtrante, on utilise le petit lit inférieur de 2^{m2},2. Pendant ce temps, on gratte la surface du grand lit de manière à n'enlever qu'une couche d'environ 1 centimètre, puis on bêche dans le lit jusqu'à une profondeur maxima de 10 centimètres. On abandonne la surface à la dessiccation jusqu'à ce que la couche superficielle ait perdu sa consistance visqueuse, ce qui demande un ou deux jours. On égalise alors au rateau et on fait de nouveau arriver l'eau d'égout. Voici un exemple des résultats obtenus à *Poppenbüttel* :

	Eau brute.	Eau épurée.
Oxydabilité en mgr de MnO^4K par litre	982,8	109,3
Diminution pour 100	»	86,8
Acide nitrique en mgr par litre	0,0	160,0
Ammoniaque —	60,6	38,5
Aspect extérieur : clarté	Très trouble.	Claire.
— couleur	Vert jaunâtre.	Faiblement jaunâtre.
— dépôt	Flocons bruns abondants.	Quelques flocons gris.
— odeur	Fécaloïde.	Nulle.
Transparence en cm	0,0	14,5

Une autre installation de lits percolateurs *Dunbar* a été faite à l'asile de *Gross-Hansdorf*; elle traite 9 à 11 mètres cubes d'eau par jour, provenant de trente personnes. Elle comprend deux fosses à sable disposées l'une à la suite de l'autre : la première retient les grosses impuretés; puis l'eau traverse une grille et entre dans la deuxième fosse, de 5 mètres cubes de capacité, qui retient surtout les boues plus légères. L'eau se rend alors aux lits percolateurs, au nombre de deux, ayant chacun une surface utile de 9^{m2},7. En été et par temps sec, il est nécessaire de bêcher toutes les quatre semaines la surface du lit en service. Les lits sont placés au fond d'une fosse de 69^{m3},6, qu'on peut recouvrir, l'hiver, au moyen de planches pour protéger les lits contre le froid. Voici un exemple des résultats obtenus à *Gross-Hansdorf* :

	Eau brute.	Eau épurée.
Oxydabilité en mgr. de MnO^4K par litre	819,9	119,3
Diminution pour 100	»	85,4
Acide nitrique en mgr. Az^2O^5 par litre	0,0	66,6
Ammoniaque en mgr. AzH^3 par litre	55,5	40,8
Aspect extérieur : clarté	Très trouble.	Claire.
— couleur	Vert-jaune.	Un peu jaunâtre.
— dépôt	Flocons bruns abondants.	»
— odeur	Un peu fécaloïde.	Terreuse.
Transparence en cm	0,0	16,0

Les dispositifs de *Vogelsang* (Dresde) pour les petites installations méritent également d'être signalés. Pour éliminer les matières en suspension, la fosse septique est divisée en plusieurs parties par des parois; quant aux lits percolateurs, ils sont formés à la partie supérieure par une couche de 25 centimètres de pierres taillées, sur laquelle on place une couche d'au moins 50 centimètres de scories grosses comme les deux poings. Au-dessus on dispose une couche de 10 centimètres de morceaux de la grosseur d'un œuf de poule, puis une couche de 10 centimètres de matériaux plus fins et enfin une couche superficielle de 30 à 50 centimètres, constituée par des matériaux gros comme des noisettes. La répartition de l'eau à la surface du lit se fait soit au moyen d'une gouttière, soit au moyen d'un petit distributeur rotatif de *Fiddian*.

La firme *J. Braun et C°, à Wiesbaden* assure d'une façon toute spéciale l'aération de ses lits percolateurs. Au lieu de placer les lits dans une fosse assez large, de manière à laisser autour un manteau d'air, *J. Braun* entoure complètement de murs ses lits bactériens, mais les dispose sur un fond grillagé en communication avec l'air extérieur. Si par un moyen quelconque on provoque un courant d'air sous le lit bactérien, cet air doit forcément traverser

tout le lit. On dispose dans ce but des orifices dans les murs qui constituent les parois du lit bactérien; l'air qui passe par ces orifices est aspiré par la surface du lit et traverse la masse.

Pour éviter l'entraînement, sur les lits bactériens, de fines matières en suspension, plusieurs firmes divisent leurs fosses septiques en plusieurs parties et ne laissent couler d'une partie à l'autre que l'eau qui se trouve entre les dépôts précipités et les couches superficielles, et qui est relativement claire. La firme *Zenker et Quabis* a ainsi construit, pour l'hôpital de la Croix-Rouge, à *Liska*, une fosse septique divisée en trois compartiments, l'eau passant d'un compartiment dans le compartiment suivant au moyen d'un tube en siphon. L'eau passe ensuite sur un lit bactérien percolateur à coke. Toute l'installation est souterraine. La firme *Lehmann* et Cie (Munich) adopte un dispositif du même genre. La *Société berlinoise pour l'épuration des eaux* (Gesellschaft für Wasserversorgung und Abwäserbesseitigung G. m. d. H. Berlin S. W.) utilise une tour métallique qui reçoit l'eau d'égout dans sa partie conique inférieure; on élimine à la partie inférieure les dépôts, à la partie supérieure les gaz et les graisses, entre les deux l'eau à épurer.

GRANDE-BRETAGNE

VI. — TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DES COMMUNES RURALES EN ANGLETERRE

(d'après Sanitary Record, 30 Sept. 1909, p. 311.)

Les installations d'épuration d'eaux d'égout sont si nombreuses en Angleterre que ceux qui en ont la charge (ingénieurs ou chimistes) ont formé une *Association of Managers of Sewage disposal Works*. Les réunions de cette association terminent toujours des visites d'installations et la dernière eut lieu récemment dans le district rural de Chelmsford à Ingatestone et à Writtle.

A *Ingatestone* la population desservie par les égouts est d'environ 1000 habitants. Le volume des eaux est environ de 91 mètres cubes par jour par temps sec, mais, comme les égouts sont du système unitaire, les pluies les diluent parfois d'une façon importante.

L'épuration se fait par irrigation terrienne. Jusque ces dernières années les eaux se rendaient dans deux bassins munis de siphons de chasse automatique. Lorsque le bassin était rempli, le siphon s'amorçait et envoyait un assez grand volume d'eau (26 mètres cubes) dans des rigoles qui la distribuaient sur une surface d'environ 2 hect. 83. Le terrain était drainé à 0 m. 60 de profondeur et les eaux s'en écoulaient dans un ruisseau. La terre était louée à un fermier; mais ce dernier, cherchant plus à obtenir de bonnes récoltes qu'une épuration satisfaisante, facilitait l'évacuation des eaux par les drains; aussi l'effluent était-il souvent mal purifié.

En 1907 on construisit deux bassins de décantation, dans le but d'éviter le colmatage trop rapide des billons, avant les bassins de chasse, et on établit un déversoir entre ces bassins pour diriger les eaux, lorsque leur volume atteint 3 fois le volume normal par temps sec, dans un lit spécial. Ce lit est formé de scories posées sur la terre; la distribution se fait à la surface par des goulottes en bois. La surface du lit est de 255 mètres carrés, la profondeur de 1 m. 15.

La surface des terrains d'irrigation a été augmentée et portée à 4 hect. 25. On ne cherche pas à obtenir des récoltes : le but est

d'épurer l'eau d'égout. La terre est fréquemment labourée, travail qui coûte environ 625 francs par an. Un homme est employé à l'entretien et à l'enlèvement des boues des bassins de décantation.

A *Writtle*, la population desservie par les égouts est de même importance, environ 1000 habitants. Les égouts reçoivent les eaux vannes, les eaux usées et les eaux de pluie des toitures et des cours. Par suite de la disposition du pays, l'installation d'épuration a dû être plus compliquée et par suite plus coûteuse.

L'épuration principale est faite par lits bactériens de simple contact, puis par irrigation.

A l'extrémité des égouts se trouve un premier déversoir qui dirige à la rivière, sans aucune épuration, toutes les eaux lorsque le volume est égal à 6 fois le volume par temps sec; un 2e déversoir fait suite, pour envoyer les eaux dans un lit d'orage lorsque le volume est égal à 3 fois le volume par temps sec.

Les eaux se rendent dans deux bassins de décantation de 650 litres, puis dans une fosse septique de 87^{m3},35, ensuite dans 4 lits bactériens de simple contact. Ces lits sont formés de coke; ils ont 176 mètres carrés de surface avec une profondeur de 0 m. 60 à 0 m. 81; le remplissage a une durée variable, mais une fois pleins ils se vident au bout d'une heure.

Les eaux du bas pays se rendent dans un bassin collecteur où elles se décantent en partie et d'où elles sont pompées dans les bassins de décantation.

Le lit d'orage a une superficie de 261 m^2 5 sur une profondeur de 0 m. 90.

Tous les effluents des lits bactériens sont évacués en irrigation sur une prairie de 1 hectare 82.

L'installation, comprenant tous les appareils (moteurs, pompes, etc.), ainsi que le prix d'achat du terrain, a coûté 82 500 francs (3 300 livres sterling).

A la suite de ces visites, le Dr *Thresh*, medical officer, a exposé ses vues sur les conditions de l'assainissement des communes rurales. Il montra d'abord que le problème s'y présente sous un aspect tout autre que dans les grandes villes: la population est plus dispersée, par suite les égouts y sont très longs comparativement à la population, et il en résulte une dépense beaucoup plus élevée. Il y a lieu de tenir compte de ce que les frais d'établissement et le prix des terrains sont sensiblement les mêmes que lorsqu'il s'agit d'une ville. Ces travaux ont comme résultante une augmentation des impôts, dont le taux se rapproche ainsi de celui des villes, ce qui empêche alors les habitants de ces dernières de venir habiter à la campagne.

Il est cependant désirable d'épurer les eaux d'égout lorsqu'il y a nuisance et lorsque cela est nécessaire pour la santé publique. Il faut donc choisir entre deux maux, une mauvaise hygiène ou une augmentation d'impôts!

Il s'élève contre la tendance des ingénieurs et des autorités sanitaires de n'admettre que l'épuration biologique artificielle : il est cependant convaincu que là où la terre est de composition convenable, et il peut toujours en être ainsi dans un village, l'irrigation terrienne est la méthode la plus simple, la plus économique et souvent la plus efficace. Il est évident que lorsque la terre est totalement inutilisable ou que son prix est trop élevé, on aura recours à l'épuration biologique artificielle. Il cite de nombreux exemples de petites communes rurales dans lesquelles on pratique l'irrigation terrienne avec de bons résultats.

VII. — OBSERVATIONS SUR LES MÉTHODES D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES, LES FRAIS QU'ELLES ENTRAINENT ET LES RÉSULTATS QU'ELLES DONNENT

H.-W. Clark. — Journal of the Association of Engineering Societies. Vol. XLI, n° 5, Nov. 1908, d'après Gesundheits Ingenieur, n° 42, 1909, p. 705.

Clark donne dans ce travail les résultats des observations qu'il a pu faire dans un récent voyage en Allemagne et en Angleterre.

Il considère l'installation de *Wolverhampton* comme une installation type d'épandage, qui traite chaque jour les 15 600 mc. d'eau d'égout d'une ville de 102 000 habitants. Ces eaux sont soumises à l'épandage sur un terrain d'environ 180 hectares, drainé à $1^{m},20$ de profondeur environ par des drains disposés de 9 en 9 mètres. Quand les eaux de pluie arrivent en grande abondance, elles se réunissent dans un grand bassin de 90 centimètres de profondeur. Les effluents qui proviennent des champs d'épandage sont tellement purs que les truites vivent dans le ruisseau qu'ils forment. L'ensemble des frais d'installation atteint près de 20 millions de francs, soit près de 200 francs par habitant. Les frais d'épuration par million de gallons (4 540 mc.) s'élèvent de 150 à 2000 francs.

Clark estime que l'épandage est la meilleure méthode de traitement des eaux d'égout quand on peut acheter le terrain à moins de 3 000 francs l'hectare.

Dans les procédés biologiques, Clark insiste sur l'avantage qu'il y a à traiter les boues dans des bassins spéciaux, de manière à obtenir des boues très pauvres en eau et à simplifier cette question si délicate. Au point de vue de la distribution de l'eau sur les lits, Clark estime que les becs pulvérisateurs sont peu avantageux car ils n'utilisent qu'environ la moitié de la surface : il considère le Fiddian ou les types analogues comme les distributeurs de l'avenir.

Clark donne dans un travail un certain nombre de tableaux par-

1° Effet de la précipitation chimique.

LOCALITÉ	NATURE DE L'EAU TRAITÉE	AZOTE mgr par litre AMMONIACAL	AZOTE mgr par litre ORGANIQUE	PRÉCIPITANT CHIMIQUE EN GRAINS PAR GALLON (1 grain par gallon = 14mgr,3 par litre)	AZOTE mgr par litre AMMONIACAL	AZOTE mgr par litre ORGANIQUE	TRAITEMENT DES BOUES
Chorley	Eaux ménagères	42,8	10,1	Alumino-ferrique (sulfate d'alumine brut) : 9,0 grains. .	38,2	5,5	Pressées et vendues.
Heywood. . . .	Eaux ménagères et industrielles	33,7	8,3	Alumino-ferrique : 8,0 grains.	19,9	4,2	Pressées et données aux agriculteurs.
Leeds	Eaux industrielles . . .	19,5	6,8	Chaux : 5 grains.	18,4	3,2	Drainées.
Rochdale. . . .	Eaux ménagères et eaux de peignage de laines.	41,6	12,9	Alumino-ferrique : 7,5 grains et sulfate de fer : 4,7 grains.	42,0	6,6	Pressées et données aux agriculteurs.
Sheffield	Eaux industrielles. .	26,1	7,6	Chaux	10,9	1,5	Drainées.
York.	Eaux ménagères et industrielles	25,8	8,2	Alumino-ferrique : 5,7 grains et chaux : 4,5 grains. . . .	26,3	5,4	Pressées et recouvertes de terre.

2° Lits à percolation.

LOCALITÉ ET NATURE DE TRAITEMENT PRÉALABLE	MATÉRIAUX EMPLOYÉS POUR LES LITS BACTÉRIENS	HAUTEUR DES LITS m.	MODE DE RÉPARTITION DE L'EAU	MODE DE TRAVAIL	EFFLUENT DE SORTIE AVANT DÉCANTATION mgr. par litre. AZOTE AMMONIACAL	AZOTE ORGANIQUE	NITRATES	ÉTAT DES LITS APRÈS UN CERTAIN TEMPS DE FONCTIONNEMENT
Leeds . . . . . (Eau brute).	Morceaux de briques	3,04	Gouttière à bascule.	Continu.	»	»	»	Colmatés au bout de 1 mois.
Leeds . . . . . (Eau des bassins de décantation).	Coke	2,89	Sprinkler.	»	»	»	»	Sans changement au bout de 1 an.
Accrington. . . (Fosses septiques)	Coke ou morceaux de briques	2,81 et 2,13	Sprinkler.	»	10,7	2,7	22,4	Satisfaisant après 4 et 8 ans.
Birmingham . .	Granit, quartz, scories	1,83	Becs pulvérisateurs.	»	28,6	2,9	21,1	
Rochdale. . . .	Coke.	2,74	Sprinkler.	»	»	»	»	Bon après 7 ans.
York.	Morceaux de briques, coke, scories . . .	1,98 à 2,52	Sprinkler.	»	1,0	0,7	22,5	Bon après 4 et 6 ans.
Chorley. . . . . (Précipitation chimique).	Sable, polarite et gravier	0,91	Couche filtrante superficielle.	Intermittent.	10,7	0,9	23,5	Bon après 12 ans.

TRAITEMENT PRÉALABLE	LITS BACTÉRIENS DE CONTACT						LITS PERCOLATEURS					
	FRAIS DE TRAITEMENT PRÉALABLE		FRAIS DE TRAITEMENT PAR LITS DE CONTACT		ENSEMBLE DES FRAIS		FRAIS DE TRAITEMENT PRÉALABLE		FRAIS DE TRAITEMENT PAR LITS PERCOLATEURS		ENSEMBLE DES FRAIS	
	£	fr.	£	fr.	£	fr.	£	fr.	£	fr.	£	fr.
Décantation au repos avec précipitation chimique.	17,20	439,68	10,95	279,93	28,20	720,87	17,20	439,68	7,85	200,68	25,00	639,06
Décantation continue avec précipitation chimique	15,50	396,25	16,15	412,87	31,70	810,37	15,50	396,25	9,00	230,06	24,60	628,87
Décantation au repos sans précipitation chimique	9,90	253,06	22,90	585,37	32,75	837,18	9,90	253,06	10.45	267,12	20,40	521,50
Décantation continue sans précipitation chimique.	7,75	198,12	27,75	709,37	35,50	907,50	7,75	198,12	10,23	261,50	20,90	534,25
Fosse septique.	8,60	219,87	27,75	709,37	36,45	931,75	8,60	219,87	13,15	336,12	21,75	556,00

Sur un bon sol, l'épandage revient à £ 15,25 soit 318f,89 par millions de gallons.

4° Frais d'épuration par million de gallons et par tête.

LOCALITÉ	POPULATION RATTACHÉE A L'INSTALLATION	EFFLUENT PAR TEMPS SEC ET PAR 24 HEURES		FRAIS D'ÉPURATION PAR MILLIONS DE GALLONS (4.540 mc environ)		FRAIS PAR TÊTE D'HABITANT	
		EN GALLONS	EN MÈTRES CUBES	£	fr.	£	fr.
Leicester	197 000	7 250 000	32 915	28,45	719,62	0.57	9,46
Croyden (Beddington) . . .	100 000	4 000 000	18 160	26,85	686,37	0,38	9,71
Cambridge.	50 000	2 250 000	10 215	11,35	290,12	0,18	4,60
Aldershot (Lager)	20 000	1 000 000	4 540	9,50	242,87	0,16	4,08
Rugby.	6 000	300 000	1 362	7.40	189,12	0,12	3,06
Altrincham.	18 000	800 000	3 632	5,80	148,25	0,08	2,05

ticulièrement intéressants sur les résultats fournis par la précipitation chimique, et par les lits bactériens et sur les frais qu'entraîne l'épuration dans les grandes villes. Nous reproduisons ici ces tableaux.

VIII — NOUVEAUX DISPOSITIFS POUR LA PURIFICATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES PEIGNAGES DE LAINES, DES TEINTURERIES, ETC...

(D'après Gesundheits Ingenieur, n° 38, p. 640, 1909).

1° *Séparation des graisses des eaux résiduaires de peignages de laines* (West Riding Rivers Board Report. Nov. 1908. H. Maclean Wilson).

Une usine de peignage de laines, située sur la rivière Aire en Angleterre, obtient d'excellents résultats pour l'épuration de ses eaux résiduaires par la méthode suivante : Les eaux de lavage des laines, dont le volume atteint 81,7 mètres cubes par semaine passent d'abord dans un bassin de décantation à six chambres, de 7 m³ 26 de capacité et de 30 centimètres de profondeur. Les eaux qui sortent de ce bassin se rendent dans un réservoir collecteur de 50 mètres cubes, d'où elles sont envoyées par une pompe dans des bassins en bois où se fait la séparation des graisses. Ces bassins, au nombre de quatre, contiennent chacun 29 m³ 5; l'eau y est additionnée de 218 litres d'acide sulfurique par bassin. Après agitation, on laisse déposer 24 heures, puis on décante l'eau claire qui surnage pour l'envoyer sur les filtres. Ces filtres sont à deux étages; il y en a deux de premier contact, ayant chacun 8 m. 3 × 3 m. 8, et un filtre de second contact de 6 m. × 7 m. 6. Ces filtres ont 76 centimètres de profondeur, et ils sont formés de cendres et de briques en morceaux avec une couche superficielle de sciure. Les filtres de premier contact se trouvent colmatés au bout d'un mois; on renouvelle alors la couche superficielle. L'effluent du filtre de second contact est envoyé à la rivière.

Quant aux boues précipitées dans les bassins par le traitement à l'acide sulfurique, elles sont évacuées sur trois filtres à boues, dont deux mesurent 5 m. 2 sur 7 m. 3, et le troisième 5 m. 9 sur 10 m. 4. Leur profondeur est de 30 cm., leur composition est la même que celle des filtres à eau. On laisse la boue se dessécher plusieurs jours sur ces filtres, afin de pouvoir la presser ensuite à la main dans des presses chauffées à la vapeur. On traite ainsi chaque semaine 4,5 tonnes de boues. Les graisses exprimées sont séparées des eaux acides dans de petits bassins de décantation; les

graisses sont alors purifiées, tandis que les eaux acides rentrent dans le réservoir collecteur.

Cette installation a coûté près de 14000 francs, et son fonctionnement entraîne une dépense d'environ 600 francs par an. L'exploitation en est confiée à un entrepreneur qui paie chaque année 2000 francs et fait encore à ce prix une excellente affaire.

2° *Séparation des graisses des eaux résiduaires de la fabrique Hopton à Mirfield* (Report upon purification works at Hopton Mills, Mirfield, octobre 1908. H. Maclean Wilson).

Cette installation, qui fonctionne depuis deux ans, livre des effluents irréprochables et rapporte au moins 1200 francs par an par la récupération du savon employé dans la fabrication. Les eaux passent d'abord dans un double bassin de décantation, puis se rendent dans les séparateurs de graisses. Comme à Aire, les eaux décantées sont envoyées sur les filtres à eau, les boues sur les filtres à boues. On a adjoint aux bassins de décantation deux filtres à boues pour traiter à part les premiers dépôts avant la précipitation par l'acide sulfurique. L'agitation dans les séparateurs de graisses se fait au moyen de l'air comprimé, ce qui permet un mélange plus rapide et plus complet. Les filtres à boues ont 60 centimètres de profondeur et sont formés de scories recouvertes d'une couche de sciure de bois. Les filtres à eau ont une profondeur de 76 centimètres et sont formés de briques en morceaux de 12 à 50 millimètres; à la surface se trouve une couche plus fine formée de morceaux de 3 à 6 millimètres. Les boues desséchées sur les filtres à boues sont pressées dans les presses chauffées à la vapeur, et les tourteaux se vendent encore 7 fr. 50 la tonne après séparation des graisses.

IX. — BRADFORD

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES A BRADFORD. — EXTRACTION DES GRAISSES PROVENANT DES PEIGNAGES DE LAINES

La ville de *Bradford*, en Angleterre, comme *Roubaix* en France, concentre à peu près toute l'industrie du peignage des laines. Elle possède en outre un très grand nombre de teintureries, de blanchisseries, de tanneries, de brasseries et elle groupe une population de près de 300000 habitants qui s'accroît rapidement. Aussi la solution du problème de l'épuration des eaux résiduaires y était-elle particulièrement difficile, d'autant plus que la configuration du sol mamelonné et accidenté se prêtait fort mal à la construction d'égouts collecteurs suffisamment vastes pour diriger vers une

station unique d'épuration le volume de 135 000 mètres cubes pouvant s'élever à 800 000 mètres cubes par jour en temps de fortes pluies, qu'il s'agissait de traiter.

Le développement progressif de la ville nécessita l'aménagement successif de dix stations d'importance inégale pour l'épuration des eaux résiduaires provenant des différents quartiers. Ces dix stations vont prochainement disparaître et seront remplacées par une station centrale unique, située à Esholt, dans un domaine de 750 hectares.

Le grand intérêt des expériences poursuivies depuis l'année 1900 à *Bradford* en vue de l'extraction des graisses provenant des usines de peignage de laines, et l'urgente nécessité pour les villes françaises de Roubaix et Tourcoing de résoudre le même problème, nous ont déterminé à aller étudier sur place, au cours de cette année 1909, les résultats actuellement obtenus. C'est le résumé de cette étude que nous rapportons ici.

Qu'il nous soit permis tout d'abord d'exprimer nos vifs remerciements à M. l'ingénieur *J. Garfield*, qui a bien voulu nous documenter avec la plus extrême bienveillance.

Les premiers essais d'épuration furent tentés en 1873 au moyen de la filtration intermittente sur la tourbe. Ils furent tellement mauvais qu'on dut bientôt y renoncer. En 1875 on recourut à la clarification par la chaux, suivie de filtration, mais cette méthode fut également reconnue inapplicable parce qu'il n'était pas possible de tirer parti des graisses précipitées à l'état de savons calcaires et parce que l'eau traitée n'était pas épurable en raison de son alcalinisation élevée.

Depuis 1900, de multiples expériences ont permis de préciser les conditions d'une épuration satisfaisante. Elles ont été poursuivies simultanément à *North Bierley* et à *Heaton* pour ce qui concerne le traitement biologique, et à *Frizinghall* pour le traitement chimique.

Le volume des eaux résiduaires industrielles représente à *Bradford* un *huitième* du volume total des eaux d'égout. Mais il convient de remarquer que les usines reliées aux canalisations de la ville sont tenues de faire subir à leurs eaux une épuration préalable qui consiste en général en une précipitation chimique suivie de filtration. La décantation simple n'est tolérée que moyennant le paiement d'une *taxe supplémentaire*. Tandis que la taxe normale pour les eaux-vannes ménagères est de 4 *centimes* 6 *par mètre cube*, elle s'élève à 9 *centimes* 2 pour les teintureries ou blanchisseries, et à 18 *centimes* 5 pour les peignages. Chaque usine est pourvue d'un compteur spécial pour la détermination de cette taxe.

*
* *

La station réservée au traitement chimique, à *Frizinghall*, reçoit en moyenne, par jour et par temps sec, 55 000 mètres cubes. L'eau

traverse d'abord un long bassin de décantation de 1200 mètres

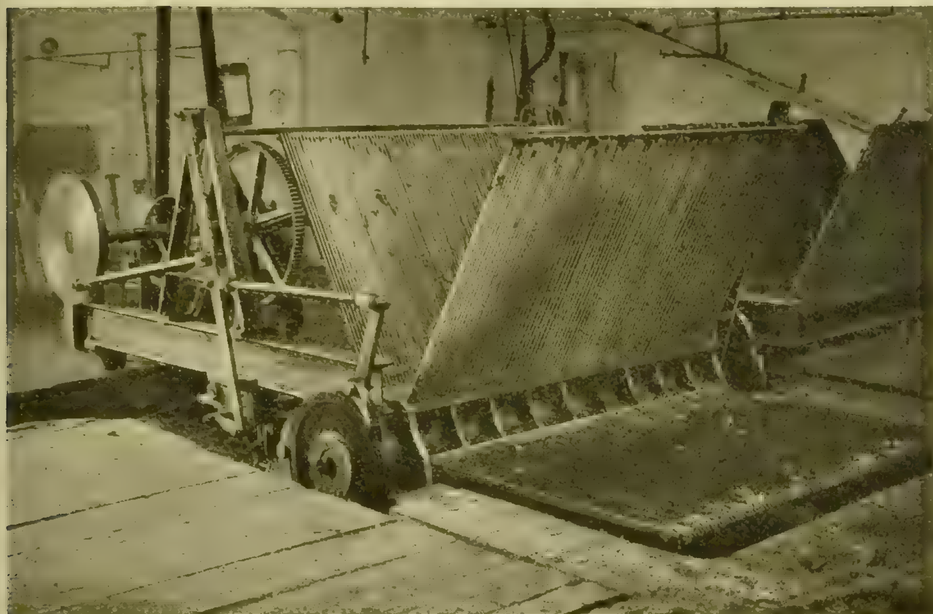


Fig. 5. — Grilles mobiles de J. Garfield, à Bradford, pour la séparation des déchets de laine des eaux d'égout.

cubes de capacité, destiné à retenir les grosses matières lourdes

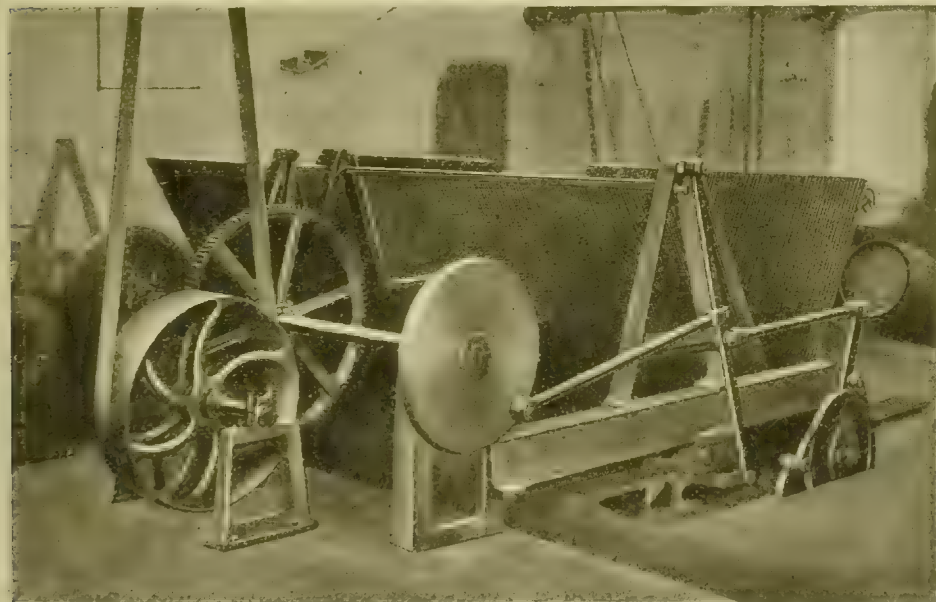


Fig. 6. — Grilles mobiles de J. Garfield, à Bradford, pour la séparation des déchets de laine des eaux d'égout.

(environ 10 mètres cubes par jour). Elle franchit ensuite une grille

à râteaux mobiles tournants, d'un système fort ingénieux dont l'invention est due à M. J. Garfield (*fig.* 5 et 6), et elle se rend dans un canal ouvert où elle est additionnée d'acide sulfurique dans la proportion de 400 kilogrammes d'acide pour 1000 mètres cubes. L'acide est contenu dans un vaste réservoir doublé de plomb. On en consomme chaque jour environ 22 tonnes.

L'eau s'écoule alors par de larges déversoirs en nappe mince dans une série successive de 18 bassins de décantation rectangulaires de 2 mètres de profondeur et qui ont ensemble une capacité de 20 400 mètres cubes, soit un peu plus du tiers du volume journalier à traiter. L'écoulement d'un bassin à l'autre est continu, mais chaque bassin peut être isolé alternativement pour permettre la vidange des boues.

La couche de graisse qui se dépose sur les murs et sur les parois des canaux les empêche d'être attaqués par l'acide sulfurique.

Dans la série successive des bassins, l'eau abandonne 50 pour 100 de ses matières en suspension et le liquide décanté est évacué à la rivière.

Chaque bassin reste en service continu pendant 6 à 12 semaines. Le volume des boues retenues s'élève en moyenne à 1000 tonnes par semaine, mais il s'en dépose parfois jusqu'à 400 tonnes par jour (à 80 pour 100 d'eau).

Ces boues renferment, par mètre cube, environ 400 grammes de graisse que l'on extrait par le procédé suivant :

La masse semi-liquide, à 80 pour 100 d'eau, est évacuée par gravitation dans un puisard métallique de 30 mètres cubes de capacité, d'où elle est refoulée par l'air comprimé dans deux réservoirs, chauffée par barbottage de vapeur jusqu'à la température de 100 degrés, et additionnée de nouveau d'acide sulfurique. Elle est alors répartie, sous pression de vapeur, entre 4 récipients métalliques clos, de 5 mètres cubes de capacité chacun, qui alimentent alternativement différents groupes de filtres-presses de Manlove, Alliot et Cie.

L'installation de ces filtres-presses de très grandes dimensions est vraiment impressionnante. Ils se trouvent répartis au nombre de 32 dans deux vastes bâtiments parallèles. Chaque presse est formée de 45 chambres de 0 m. 90 cent. $\times$ 0 m. 90 pouvant retenir 1260 kilogrammes de tourteaux. Les presses fonctionnent sous pression de 4 atmosphères de vapeur. Grâce à cette pression, à la haute température et à l'addition préalable d'acide sulfurique, la graisse mélangée à 80 pour 100 d'eau chaude est expulsée par les robinets des chambres et évacuée par des canalisations dans des bassins où l'eau se sépare, tandis que les graisses s'accumulent à la surface. Elles sont ensuite distribuées entre dix réservoirs où on les lave à la vapeur pour les purifier. Elles ont l'aspect d'un liquide sirupeux brun, renfermant 70 pour 100 de matières saponifiables. On les entonne dans des fûts et on les expédie en cet état brut,

principalement en Amérique. On en produit ainsi 10 tonnes par jour. Leur prix de vente varie beaucoup, suivant les cours, et les recettes effectuées de ce chef sont en moyenne de 140 à 150 000 francs par an. Celles-ci couvrent la moitié des frais d'achat d'acide sulfurique, lesquels s'élèvent à 300 000 francs par an ou environ 2 centimes par mètre cube d'eau (1 franc par habitant).

Une partie des tourteaux qui sortent des presses est soumise à la distillation dans un appareil construit spécialement à cet effet sur les plans de M. *J. Garfield*. Les vapeurs qui s'en échappent, après séparation des acides gras condensés, sont envoyées à l'usine à gaz voisine et traitées pour en extraire l'ammoniaque. Le résidu solide, pulvérulent, est vendu comme engrais au prix de 7 fr. 50 la tonne, sur wagon, et expédié pour une bonne part en France où on le recherche comme amendement des terres à vignobles dans les Charentes.

Le reste des tourteaux non distillés contient encore 15 à 25 pour 100 de graisses. On le mélange avec du charbon dans la proportion de 7 parties de tourteaux pour 1 partie de charbon et on le brûle sur les grilles des chaudières. On économise ainsi environ pour 25 000 francs de combustible par an.

Les frais d'installation de l'usine de *Frizinghall* se sont élevés à 7 millions de francs, y compris la construction des bassins, celle des bâtiments, les presses et les machines.

Le personnel ouvrier se compose de :

3 équipes, chacune de 4 hommes, travaillant 8 heures par jour pour les bassins;

1 équipe de 2 hommes pour les machines;

1 équipe de 2 hommes pour le traitement des boues et des graisses;

5 hommes pour les manipulations diverses;

1 surveillant général;

Soit en tout 23 hommes.

*
* *

Avant d'adopter définitivement la méthode de travail qui précède, dont les résultats sont très satisfaisants, on a expérimenté à *Frizinghall* tous les procédés proposés jusqu'alors pour l'extraction des graisses des eaux résiduaires de peignages de laines. C'est ainsi que l'on a étudié successivement le système *Delattre* qui avait été proposé en France pour l'usine de *Grimonpont*, à Roubaix, le système *Vial* essayé en Belgique, le procédé *Spence* et enfin celui de *Cassel* (Allemagne). Ces deux derniers sont peu connus en France : nous croyons donc utile de les décrire brièvement.

Le procédé *Spence*, imaginé par MM. *Spence*, de Manchester, consiste à traiter les eaux résiduaires par un mélange de sulfate ferrique et d'acide sulfurique, en proportion telle que l'alcalinité du liquide soit complètement neutralisée : les graisses se trouvent

alors précipitées avec la majeure partie des matières organiques. Les boues sont recueillies dans des bassins de décantation. On y ajoute une quantité suffisante d'acide sulfurique pour mettre les acides gras en liberté, on les chauffe jusqu'à la température d'ébullition et on les passe aux filtres-presses. Les tourteaux sont ensuite séchés, puis traités par l'éther de pétrole ou la benzine, dans un appareil percolateur spécial, pour dissoudre et entraîner les graisses. Le dissolvant est récupéré pour servir de nouveau et les graisses séparées par distillation dans un courant de vapeur surchauffée.

Finalement, le résidu solide retient l'acide phosphorique et la matière organique. On le dessèche à fond pour le débarrasser des traces de benzine ou d'éther de pétrole dont il reste imprégné, et on le vend comme engrais.

A *Cassel*, ville de 100 000 habitants de la Prusse rhénane, le volume d'eaux résiduaires traité est d'environ 11 985 mètres cubes par jour. Après décantation dans des bassins dont la capacité totale est de 2275 mètres cubes, sans addition de réactifs chimiques, on obtient des boues (à 90 pour 100 d'eau environ) dont le volume s'élève de 300 à 450 tonnes par semaine. Ces boues sont envoyées dans de vastes filtres-presses après avoir été additionnées d'acide sulfurique et chauffées à 100° par un courant de vapeur. Leur passage aux filtres-presses est extrêmement difficile et lent. Il exige près de 12 heures pour chaque appareil. Et pourtant elles ne contiennent qu'une très faible proportion de graisses, car les eaux résiduaires industrielles de *Cassel* proviennent surtout d'usines métallurgiques.

Les tourteaux sont traités dans un « désintégrateur » qui les pulvérise, puis dans un « exsiccateur » à vapeur, constitué par deux cylindres concentriques tournant l'un dans l'autre, et qui sont chauffés. Le résidu solide sortant de cet appareil contient 15 pour 100 d'eau et 15 pour 100 de graisse. On le charge alors dans un « extracteur » cylindrique vertical qui peut contenir 10 tonnes à la fois et dans lequel on fait couler du benzol. Celui-ci filtre à travers la masse, entraînant les graisses. On le distille ensuite pour le récupérer. On répète l'opération trois fois et on en retire finalement environ 800 kilogr. de graisse brute pour 10 tonnes de tourteaux secs, avec une dépense de 6000 litres de benzol et une perte de 1 pour 100 de ce dissolvant.

La poudrette sèche et dégraissée qu'on obtient ainsi contient 5 pour 100 d'azote. On la vend comme engrais.

La graisse brute, de couleur noire, passe dans un « séparateur » qui enlève l'eau et elle est ensuite distillée dans le vide, dans un alambic à feu nu. Sept tonnes de graisse brute produisent 5 tonnes d'acides gras distillés et 1 tonne de goudron; il s'en sépare 1 tonne d'eau et une petite quantité de gaz qui est brûlé sous les chaudières. La distillation d'une tonne de graisse coûte de 9 à 12 francs.

La nouvelle station d'épuration *chimique* et *biologique* que construit la ville de *Bradford* à *Esholt*, pour remplacer les dix petites stations qui existent actuellement, permettra de traiter 135 000 mètres cubes d'eaux d'égout par jour en marche normale et de recevoir jusqu'à 800 000 mètres cubes par temps d'orage. On y consommera annuellement 9000 tonnes d'acide sulfurique qui seront fabriquées sur place dans une usine spéciale.

L'eau traversera d'abord deux bassins de rétention de 4500 mètres cubes de capacité pour les sables et corps lourds, puis une chambre à grilles. Les matières ainsi séparées seront enlevées par des dragues montées sur grues mobiles.

Un aqueduc de 640 mètres de long recevra ensuite le mélange d'eau et d'acide sulfurique et aboutira aux bassins de décantation. Ceux-ci occupent une surface de 5 hectares 500 et sont disposés en deux étages : le premier compte 20 bassins d'une contenance totale de 58 500 mètres cubes, le second également 20 bassins d'une contenance totale de 70 000 mètres cubes. Après séparation des boues, le liquide clarifié se rend par un canal aux lits bactériens percolateurs.

L'installation d'épuration biologique comprend 60 lits percolateurs de 4000 mètres carrés de surface chacun, sur deux étages. Le matériel filtrant choisi est le charbon. La distribution s'effectuera par becs pulvérisateurs.

On a réservé 120 hectares pour traiter par irrigation directe sur le sol l'effluent des bassins de décantation pour le cas où, en temps d'orage, les lits percolateurs ne suffiraient pas à l'épurer en totalité.

Les bâtiments dont la construction est en train ou prévue sont : la fabrique d'acide sulfurique, la salle des chaudières et des machines, le hall des presses, qui seront au nombre de 64, les magasins à graisses avec 16 réservoirs de purification, un atelier, une salle à manger pour les ouvriers, une maison d'habitation et un laboratoire.

	Francs.
Achat du terrain	7 625 000
Canalisations et stations de pompes jusqu'à l'usine	4 918 600
Fabrique d'acide sulfurique	451 000
Bassin de décantation et aqueducs dans la station	4 452 000
Lits percolateurs avec matériaux et dispositifs de répartition	10 599 000
Aménagement et drainage du champ d'épandage (lit d'orage, etc.)	2 205 000
Bâtiments	406 000
Machines	500 000
Raccordement au chemin de fer	75 000
Déplacement d'un canal	50 000
Direction des travaux, projets, etc.	508 000
Total	31 569 000

Ce chiffre correspond à une dépense de première installation de 106 francs par habitant.

* * *

Pour réduire autant que possible les frais énormes résultant de l'épuration des eaux résiduaires de peignages de laines et d'autres industries, mélangées aux eaux-vannes, la ville de Bradford a adopté et impose désormais à tous les industriels le contrat dont voici le texte :

Contrat passé entre la ville de Bradford et les industriels.

1° Aucun canal destiné à recevoir les eaux résiduaires industrielles ne peut être établi sans l'autorisation préalable de la direction des travaux de la ville; il ne peut être installé avant que les dispositifs d'épuration des eaux soient terminés et déclarés satisfaisants par la direction des travaux municipaux.

2° et 3° Un canal qui reçoit les eaux résiduaires industrielles ne peut en aucun cas être utilisé pour les eaux ménagères, et inversement; il ne doit y avoir aucune communication, dans l'usine, entre les canalisations d'eaux résiduaires industrielles et d'eaux résiduaires ménagères.

4° L'industriel s'engage à établir, avant la jonction de son canal avec les égouts publics, des fosses de filtration et des réservoirs suffisants pour retenir toutes les matières en suspension de ses eaux résiduaires; il doit établir également des bassins et autres dispositifs de clarification et d'épuration de ces eaux. L'acceptation de ces dispositifs d'épuration par la direction des travaux municipaux doit être faite par écrit : ils doivent être maintenus en bon état et fonctionner régulièrement. Si, par la suite, la ville juge que les dispositifs ne donnent plus une purification suffisante, l'industriel doit procéder aux changements et agrandissements nécessaires, jusqu'à ce que la ville se déclare, par écrit, satisfaite.

5° L'industriel s'engage à n'utiliser les canalisations de ses eaux résiduaires dans aucun autre but que pour évacuer les effluents de sa propre fabrique.

6° L'industriel doit veiller à faire passer tous les effluents des diverses parties de son usine dans les dispositifs de clarification et d'épuration avant de les évacuer dans les canaux publics.

7° L'industriel s'engage à disposer un orifice de contrôle sur son canal d'évacuation, pour que la ville puisse, nuit et jour, s'assurer de l'état des eaux et prélever des échantillons.

8° L'industriel doit permettre aux agents de la ville et de la direction des travaux municipaux de pénétrer dans son usine pour qu'ils puissent se rendre compte de l'état et du fonctionnement des dispositifs de clarification prévus par ce contrat.

9° L'industriel s'engage à ne laisser s'écouler dans les égouts publics que des eaux qui donnent satisfaction aux exigences de la ville.

10° La ville ne s'engage pas, par ce contrat, à recevoir d'une façon définitive et durable les eaux d'égout industrielles dans ses canaux et à les purifier.

11° Le contrat peut, de part et d'autre et à toute époque, être résilié après un préavis de 3 mois. Le raccordement avec les égouts publics doit être supprimé par l'industriel après cette résiliation.

12° En cas d'infraction par l'industriel à un des articles de ce contrat, ou si la ville juge que les eaux évacuées sont insuffisamment épurées et peuvent entraîner un surcroît de difficultés pour l'épuration de l'ensemble des autres eaux d'égout, la ville peut, par écrit, réclamer la suppression de la jonction de la canalisation avec les égouts publics, dans un délai de sept jours; elle a le droit, dans le cas de retard apporté par l'industriel à cette suppression, de faire pénétrer ses agents dans l'usine et de faire exécuter les travaux de suppression nécessaires, sans être responsable d'aucun dommage causé par cette opération.

* * *

L'effort magnifique que fait ainsi la ville de Bradford pour réaliser son assainissement définitif sans nuire en aucune manière au développement extraordinairement rapide de ses industries si prospères, mérite d'être admiré et donné en exemple à quelques-unes de nos grandes cités industrielles françaises, particulièrement à celles de Roubaix et Tourcoing. On doit souhaiter qu'elles s'en inspirent!

A titre d'exemples nous donnons ci-après la traduction des contrats établis par quelques villes d'Angleterre avec les industriels pour autoriser ces derniers à déverser leurs eaux résiduaires dans les égouts à certaines conditions analogues à celles imposées par la ville de Bradford.

X. — CONDITIONS D'ÉVACUATION DES EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES DANS LES ÉGOUTS DE QUELQUES VILLES ANGLAISES

BRIGHOUSE (¹)

Conditions dans lesquelles les eaux résiduaires industrielles peuvent être rejetées dans les canaux de la ville. — Février 1902.

1° *Quantité.* — Réduction aussi forte que possible du volume de ces eaux, en les séparant des eaux de condensation et des eaux de pluie.

(¹) D'après le rapport du Dr Schiele, Mittheilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung in Berlin. Heft II, p. 847.

2° *Bassins de clarification.* — Deux bassins d'une contenance totale égale à la quantité d'eau évacuée par jour. Chaque bassin doit être muni de râteaux et de dispositifs pour l'écoulement des eaux décantées et des boues. Chaque bassin doit pouvoir travailler isolément ou concurremment avec l'autre, afin qu'on puisse nettoyer sans gêner le fonctionnement.

3° *Filtre à coke.* — Avant d'être évacuées dans les canaux de la ville, toutes les eaux industrielles, sauf celles du lavage des laines, doivent traverser un filtre à coke formé de deux parties dont l'une est parcourue de bas en haut et l'autre de haut en bas.

4° *Eaux de lavage des laines.* — Les graisses doivent être séparées de ces eaux ; après un temps suffisant pour la précipitation des graisses, l'évacuation des eaux peut se faire dans les canaux.

(Récemment, on a exigé aussi la séparation des substances insolubles et graisseuses que renferment encore les effluents des bassins de décantation au moyen de filtres placés à la sortie de ces bassins).

5° *Addition de produits chimiques.* — Certaines eaux industrielles, telles que celles qui proviennent de tanneries ou de brasseries, donnent lieu, à cause de leur putrescibilité, à des nuisances dans les canaux quand on leur fait subir à l'usine une simple décantation ; il est alors nécessaire d'ajouter des produits chimiques pour faciliter la séparation des substances insolubles et éviter toute putréfaction.

6° *Température.* — Aucune eau d'égout industrielle ne peut être évacuée dans les canaux de la ville à une température supérieure à 43°.

7° *Moment de l'évacuation des eaux résiduaires industrielles.* — Il ne faut pas évacuer en même temps toutes les eaux industrielles dans les canaux de la ville. Les eaux acides notamment ne doivent pas être évacuées subitement par vidange des réservoirs, et le tuyau de décharge, dans ce but, doit être d'un diamètre assez restreint. Si ces eaux sont évacuées lentement dans les canaux de la ville, l'épuration de l'ensemble des eaux est le plus souvent facilitée au lieu d'être compromise.

8° *Orifice d'examen.* — Cet orifice, qui sert aux prises d'échantillons, doit être placé entre les bassins de décantation et les canaux de la ville et doit être accessible aux agents municipaux à tout instant, ainsi que tous les dispositifs de clarification.

9° *Approbation des plans.* — Avant de commencer aucun travail pour l'épuration des eaux, les plans d'installation doivent être soumis à l'approbation de la ville.

10° En aucun cas les eaux résiduaires industrielles ne peuvent être reçues dans les canaux de la ville si leur degré de purification n'est pas considéré comme suffisant.

En cas de contravention à ces dispositions, la Ville s'opposera

à l'évacuation des eaux résiduaires de l'usine jusqu'à ce que celle-ci ait réalisé les obligations qui lui incombent

HALIFAX

Conditions pour l'acceptation des eaux résiduaires industrielles dans les canaux de la ville. — Juillet 1902.

1° Toutes les eaux résiduaires industrielles doivent traverser des bassins de décantation appropriés, dont la construction et la disposition doivent être approuvées par la Ville.

2° Au moyen de ces bassins de décantation ou de tout autre procédé approuvé, les eaux doivent être débarrassées de toutes les substances qui, séparément ou en mélange avec les autres eaux d'égout, peuvent :

a) Nuire aux canaux ou influencer défavorablement les eaux d'égout qui y circulent;

b) Occasionner des désagréments à l'intérieur ou à l'extérieur des canaux;

c) Être dangereuses ou nuisibles à la santé, à l'intérieur ou à l'extérieur des canaux;

d) Rendre notablement plus difficile la purification de l'ensemble des eaux d'égout.

Toutes les eaux de lavage de laines doivent être débarrassées des graisses.

3° Les bassins de décantation doivent être débarrassés de leurs boues aussi souvent qu'il est nécessaire de le faire.

4° L'effluent des bassins de décantation peut seul être envoyé dans les égouts. Le volume maximum journalier d'eau d'égout que l'usine peut envoyer dans les canaux doit être l'objet d'une convention entre la Ville et l'usine. La direction des travaux municipaux détermine ainsi la dimension que doit avoir la canalisation d'évacuation.

5° On doit établir dans l'usine même un réservoir dont la capacité sera au moins égale à la moitié du volume maximum journalier des eaux.

Toutes les eaux résiduaires de l'usine doivent passer par ce réservoir.

6° Un orifice d'examen doit être disposé au-dessus du point de jonction de la canalisation de l'usine avec les canaux de la ville, afin de permettre à la municipalité de faire prélever des échantillons à tout instant.

7° L'usine doit être ouverte en tout temps aux agents de la Ville pour le contrôle de l'état et du fonctionnement des bassins de décantation et des canalisations de décharge.

8° Si les dispositifs de purification préalable ou d'évacuation des eaux ne répondent pas aux conditions ci-dessus, ou s'ils ne donnent que des eaux insuffisamment épurées, la Ville peut réclamer du propriétaire de l'usine des modifications dans la construction ou dans le fonctionnement des dispositifs. Si, dans le délai d'une semaine, la fabrique n'a pas tenu compte de ces réclamations, la Ville a le droit de faire pénétrer ses agents dans l'usine pour y faire exécuter les travaux nécessaires aux frais du propriétaire de l'usine.

9° L'usine devra payer 5 pour 100 des dépenses qui en résultent pour la Ville, pour la conduite du travail, et en cas de retard au delà d'un mois après la présentation du montant des frais, elle devra payer un intérêt annuel de 4 pour 100.

10° Les conditions ci-dessus ne s'appliquent pas à l'écoulement dans les canaux de la ville des eaux superficielles, des eaux de pluie, de fleuves, de canaux navigables.

KEIGHLEY

Conditions d'évacuation des eaux résiduaires industrielles dans les canaux de la ville. — Janvier 1898.

1° Évacuer dans les canaux le moins possible d'eaux résiduaires; supprimer l'évacuation dans ces mêmes canaux des eaux de condensation et des eaux superficielles.

2° Toutes les eaux résiduaires industrielles, sauf celles du lavage des laines, doivent traverser un filtre à coke formé de deux parties dont l'une est parcourue par ces eaux de haut en bas et l'autre de bas en haut.

3° Les eaux de lavage des laines doivent toujours être débarrassées des graisses; ces eaux ne peuvent être évacuées dans les canaux qu'après avoir séjourné un temps suffisant pour permettre le dépôt des graisses, et la décantation doit se faire au moyen de flotteurs (récemment, on a admis également la filtration pour le traitement des eaux débarrassées des graisses).

4° La Ville détermine le moment de la vidange des eaux industrielles, pour éviter qu'elles n'arrivent toutes en même temps dans les canaux.

5° Un orifice d'examen destiné aux prises d'échantillons doit être réservé et être accessible à tout instant aux agents de la Ville, ainsi que les dispositifs de clarification.

6° Les plans de toute installation d'épuration et de toute canalisation d'évacuation doivent être au préalable approuvés par la Ville.

7° Si l'épuration des eaux industrielles ne remplit pas les condi-

tions précédentes, la Ville peut interdire l'évacuation de ces eaux dans les canaux jusqu'à ce que ces conditions soient remplies.

LEEDS

Règlement relatif à l'évacuation des eaux résiduaires.

1° Le volume des eaux doit être réduit au minimum par séparation des eaux de condensation et des eaux superficielles.

2° Un orifice d'examen doit être réservé entre l'usine et les canaux de la ville, avec une excavation pour les prises d'échantillons. Cette excavation doit pouvoir admettre un seau avec son anse et sa chaîne. L'eau doit y entrer après avoir traversé une grille placée sur un des côtés de l'orifice, et dont les barreaux doivent être distants de 2 millimètres, ou un tamis à ouverture de 4 millimètres.

3° Les eaux résiduaires nuisibles, ou qui peuvent provoquer dans les canaux des phénomènes de décomposition, doivent être additionnées de produits désinfectants dont l'emploi sera approuvé au préalable par la Ville.

4° Les tanneries, les usines qui traitent les laines, les teintureries, doivent se munir de dispositifs de clarification destinés à séparer les grosses impuretés en suspension. Ces dispositifs consistent en bassins de dimensions suffisantes pour permettre la décantation. Il suffit, le plus souvent, de donner à ces bassins un volume égal au double de la quantité journalière d'eaux résiduaires évacuées par l'usine, et de faire construire deux bassins égaux, de manière à recevoir pendant une journée les eaux dans l'un des bassins, tandis qu'elles sont abandonnées à la décantation pendant vingt-quatre heures dans l'autre. Quand les eaux sont fortement colorées ou riches en produits chimiques, il est nécessaire de régler leur écoulement et d'éviter une évacuation subite qui pourrait gêner l'épuration de l'ensemble des eaux d'égout de la ville; on doit disposer dans ce cas des bassins qui retiennent la moitié des eaux résiduaires produites dans la journée, et l'évacuation de ces bassins doit être faite régulièrement pendant les vingt-quatre heures de la journée.

5° Les fabriques qui désirent relier leurs canalisations d'évacuation d'eaux résiduaires aux égouts publics doivent soumettre à l'approbation de la Ville les plans et coupes de leurs dispositifs d'épuration. Ces dispositifs doivent être expérimentés et reçus par la Ville quand leur construction est terminée, et le raccordement de l'usine au canal doit être exécuté par la Ville aux frais de l'industriel.

6° En cas de contravention aux dispositions qui précèdent, la

Ville interdit l'évacuation des eaux résiduaires dans ses canaux jusqu'à ce que les conditions voulues soient remplies.

L'autorisation d'évacuer les eaux résiduaires industrielles dans les canaux de la ville suivant les prescriptions ci-dessus ne s'applique pas aux eaux qui peuvent, d'après l'opinion de l'expert de la Ville :

a) Rendre notablement plus difficile l'épuration de l'ensemble des eaux résiduaires;

b) Nuire aux égouts et aux appareils d'épuration ;

c) Nuire à l'utilisation agricole en cas d'épandage;

d) Causer des précipitations dans les canaux ;

e) Causer par leur refroidissement des précipitations dans les égouts ou provoquer par coagulation la formation d'amas floconneux de matières ;

f) Occasionner des inconvénients pour la santé publique, qu'elles soient seules ou mélangées aux autres eaux d'égout de la ville;

g) Répandre des odeurs désagréables dans les canaux ;

h) Nuire aux matériaux de construction des canaux.

LIVERSEDGE

Conditions dans lesquelles la ville reçoit les eaux industrielles dans ses canaux. — Avril 1900.

Certaines eaux résiduaires industrielles, envoyées sans épuration préalable dans les égouts de la ville, et mélangées ainsi aux eaux ménagères, rendent leur épuration beaucoup plus difficile et plus coûteuse : cet inconvénient disparaît en grande partie quand ces eaux sont soumises à une épuration préalable, avant d'être mélangées avec les eaux ménagères de la ville. Parmi ces eaux résiduaires, les principales sont :

a) Les *eaux de lavage des laines*, et surtout les premières eaux qui servent à ces lavages ;

b) Les eaux de peausseries, de tanneries, de pelleteries;

c) Les eaux de fabriques de produits chimiques;

d) Les eaux corrosives des tréfileries et autres industries analogues.

Avant d'évacuer ces eaux dans les égouts publics, les usines ou fabriques doivent donc leur faire subir une épuration préalable en se conformant aux règles suivantes :

Le volume des eaux doit être réduit au minimum par séparation des eaux de condensation et des eaux superficielles.

La construction de bassins de décantation est indispensable; ces bassins doivent avoir un volume égal au double du volume journalier d'eaux résiduaires. Ils doivent être disposés en deux groupes dont l'un est en fonctionnement et l'autre en nettoyage. On doit

prévoir des dispositifs pour la décantation des eaux et pour l'enlèvement des boues, ainsi que des filtres ou des presses à boues. Les bassins doivent être construits de manière à faciliter le dépôt des matières en suspension, comme on le fait pour les bassins destinés à recevoir les eaux ménagères.

Dans certaines eaux industrielles, on ne peut séparer toutes les substances en suspension par simple décantation. Les matières floconneuses qui proviennent des usines de lavage des laines occasionnent souvent de grosses difficultés dans l'épuration de l'ensemble des eaux de la ville, et elles ne sont retenues que d'une façon très insuffisante par les grilles employées ordinairement dans les fabriques. Dans certains cas, le passage de ces eaux à travers des fascines de bois mince, dans d'autres cas à travers un tamis en cuivre muni d'une brosse tournante, a été beaucoup plus efficace; dans d'autres fabriques on a utilisé dans ce but les filtres à coke ou à scories. Il importe de remarquer que par ces moyens l'usine peut récupérer beaucoup de matières qui ne sont pas sans valeur, au lieu de les laisser perdre dans les égouts. Les eaux de lavage des laines doivent toujours être débarrassées des graisses; après un temps suffisant pour la précipitation des matières grasses, les eaux peuvent être décantées au moyen de siphons et envoyées dans les canaux après avoir traversé un filtre.

Certaines eaux résiduaires industrielles, très putrescibles, occasionnent des nuisances dans les égouts quand on les traite simplement dans les bassins de décantation. Dans ce cas la précipitation chimique est nécessaire. Telles sont les eaux de tanneries et de brasseries : la précipitation chimique doit se joindre à la décantation des matières en suspension, afin d'éviter toute putréfaction ultérieure dans les canaux.

Les eaux résiduaires chaudes doivent toujours être refroidies avant d'être évacuées dans les canaux.

L'évacuation des eaux des bassins de décantation doit être réglée convenablement, afin d'éviter l'arrivée subite de trop gros volumes d'eaux venant de toutes les usines. Les usines qui produisent des eaux acides, comme les tréfileries, doivent se garder de vider d'un seul coup leurs bassins de décantation et les dimensions du tuyau d'évacuation doivent être calculées en conséquence. Si ces eaux s'écoulent lentement, elles peuvent, en effet, faciliter l'épuration des autres eaux au lieu de la gêner.

Un orifice d'examen, destiné aux prises d'échantillons, doit être à tout instant accessible aux agents de la Ville; ceux-ci ont en outre le droit d'inspecter les dispositifs d'épuration pour se rendre compte si leur travail s'effectue normalement.

Les plans de toute installation d'épuration doivent être au préalable approuvés par la Ville.

En aucun cas, la Ville ne peut admettre l'évacuation des eaux résiduaires industrielles dans ses canaux, si celles-ci sont insuffi-

samment purifiées. En cas de contravention aux dispositions qui précèdent, la Ville peut interdire le déversement jusqu'à ce que les conditions voulues soient réalisées.

MANCHESTER

Règlement concernant l'évacuation des eaux résiduaires industrielles dans les canaux de la ville.

1° Toutes les eaux résiduaires industrielles doivent, avant d'être évacuées dans les canaux de la ville, traverser des bassins de décantation convenablement agencés et approuvés, au préalable, par l'administration municipale ;

2° Au moyen de ces bassins de décantation ou par tout autre moyen reconnu satisfaisant par la Ville, les eaux résiduaires doivent :

a) Ne pas contenir plus de 215 milligrammes par litre de matières en suspension ;

b) Etre débarrassées de toutes les substances qui peuvent, seules ou en mélange avec les autres eaux résiduaires de la ville, nuire aux égouts, exercer une influence défavorable sur les eaux d'égout, causer ou provoquer des nuisances à l'intérieur des canaux, ou compromettre la santé publique.

c) Etre débarrassées de toutes les substances dont le déversement dans les canaux est interdit par les dispositions légales actuelles.

3° Les bassins de décantation doivent être vidés en vue de l'enlèvement des boues aussi souvent qu'il est nécessaire.

4° Les effluents qui satisfont aux conditions énumérées à l'article 2 peuvent seuls être déversés dans les canaux publics.

5° Avant de procéder au raccordement des canaux de l'usine avec ceux de la ville, une convention doit intervenir entre l'industriel et la municipalité au sujet du volume maximum d'eaux résiduaires que doit évacuer journellement l'usine. La direction des travaux de la Ville détermine ainsi les dimensions du tuyau de décharge de manière à obtenir pendant les 24 heures un déversement régulier de ce volume maximum.

6° Les réservoirs d'eaux résiduaires placés dans l'usine doivent avoir un volume au moins égal à la moitié du volume journalier maximum. Toutes les eaux résiduaires de l'usine doivent traverser ces bassins avant de se rendre aux canaux publics.

7° Avant le point de jonction de la canalisation de l'usine avec les canaux publics, on doit disposer un orifice de contrôle qui sert à prélever les échantillons et qui doit être accessible à tout instant aux agents de la Ville.

8° Avant de mettre en fonctionnement les dispositifs d'épuration.

ceux-ci doivent être inspectés et déclarés satisfaisants par la direction des travaux de la Ville.

9° Les agents de la Ville doivent pouvoir pénétrer à tout instant dans l'usine pour y contrôler l'état et le fonctionnement des dispositifs d'épuration;

10° Si les dispositifs se trouvent dans un état défectueux, d'après l'avis de la Ville ou de la direction des travaux, si leur fonctionnement est inefficace ou si le travail de la séparation des matières en suspension n'est pas régulièrement conduit, la Ville a le droit, après avoir fixé un délai d'une semaine à l'usine pour entreprendre les travaux nécessaires, de faire mettre en l'état voulu, aux frais de l'industriel, les dispositifs de clarification, ou de les compléter, ou de faire supprimer le raccordement de la canalisation de l'usine avec les égouts publics. La note de frais de la direction des travaux doit être considérée par les deux parties comme obligatoire et sans appel.

11° Pour compenser les frais occasionnés dans ce cas à la Ville, l'usine doit payer 5 pour 100 pour la conduite des travaux, et en cas de retard supérieur à un mois à partir de la remise du montant de la note, il est dû un intérêt annuel de 4 pour 100.

12° Le présent règlement n'est pas applicable aux eaux de pluie et aux eaux superficielles, ni aux eaux dérivées d'un fleuve ou d'un canal lorsqu'elles ne sont pas polluées ou contaminées dans la fabrique.

XI. — NOUVEAUX RÉSULTATS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE A MANCHESTER.

Le *Rivers Committee* présente chaque année un rapport sur l'épuration des eaux d'égout de la ville de *Manchester*. Dans le dernier rapport pour l'année finissant le 31 mars 1909, nous trouvons la description de l'état actuel des installations d'épuration, ainsi que des tableaux donnant les moyennes des analyses effectuées tant sur l'eau brute que sur l'effluent des fosses septiques des bassins de précipitation ou de décantation et des lits bactériens.

Nous rappellerons que ces installations sont au nombre de trois, que nous décrirons sommairement :

1° *Davyhulme* [1] (la plus importante). — L'eau d'égout traverse des grilles et des fosses pour en séparer les grosses matières flottantes et les corps lourds (sables, graviers, etc.), puis passe dans l'une des douze fosses septiques. Lorsque le débit est supérieur à la normale, une partie des eaux est dirigée vers l'un des quatre

[1] Voir description dans ces *Recherches*, vol. II, p. 114.

bassins de décantation, puis, de là, sur un lit d'orage (il y a 29 lits d'orage). L'effluent des fosses septiques est distribué sur 92 lits

TABLEAU I. — **Lits d'orage.**

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES BASSINS	EFFLUENT DES LITS	ÉPURATION % EFFLUENT DES BASSINS	ÉPURATION % EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures .	108,4	73,6	39,5	46	64,0
Oxygène absorbé en 5 minutes :					
avant incubation	»	»	22,5	»	»
après incubation.	»	»	26,5	»	»
Ammoniaque.	34,9	31,2	29,0	»	»
Azote albuminoïde	10,3	4,8	2,97	41	71,5
Nitrites en ammoniaque	»	»	0,2	»	»
Nitrates —	»	»	1,45	»	»
Putrescibilité	»	»	228/316	»	»

Volume d'eau traité par mètre carré et par jour . . . . 391 litres.
— par mètre cube de scories. . . . . 529 —

bactériens de premier contact, puis, autant que possible, sur des lits bactériens de deuxième contact.

Il a été fait, l'an dernier, des essais avec un lit permettant de

TABLEAU II. — **Lits de premier contact.**

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	EFFLUENT DES LITS MINIMUM	EFFLUENT DES LITS MAXIMUM	ÉPURATION % EFFLUENT DES FOSSES	ÉPURATION % EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 h.	108,4	87,2	26,9	43,8	46 à 70	59 à 75
Oxygène absorbé en 5 m.:						
avant incubation. . . .	»	»	15,2	25,2	»	»
après incubation. . . .	»	»	17,0	29,6	»	»
Ammoniaque.	34,9	41,6	27,2	34,6	40 à 68	62 à 79
Azote albuminoïde. . . .	10,3	6,7	2,15	3,53	»	»
Nitrites en ammoniaque.	»	»	traces	0,2	»	»
Nitrates —	»	»	0,8	0,3	»	»
Putrescibilité	»	»	95/156	151/159	»	»
Volume d'eau traité par jour et par m² de surface en litres			671	530		
Volume d'eau traité par jour et par m³ de scories en litres			654	517		

traiter par percolation, soit l'effluent des lits de premier contact, soit même l'excès non traité de l'effluent des fosses septiques. Sur

le côté du canal de distribution sont fixés trois compartiments, les deux extrêmes ayant une capacité de 16m³,600 et celui du centre

TABLEAU III. — **Lits de deuxième contact.**

	1er CONTACT	2e CONTACT	ÉPURATION % 1er CONTACT	ÉPURATION % EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures.	44,3	13,3	70	88
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation	25,4	6,6	»	»
après incubation	33,9	5,2	»	»
Ammoniaque	38,3	15,9	»	»
Azote albuminoïde	3,9	1,3	67	88
Nitrites en ammoniaque	0,0	0,2	»	»
Nitrates —	0,3	12,9	»	»
Putrescibilité.	161/166	1/2/166	»	»
Volume d'eau traité par jour par m² de surface	490 litres.			
— — par m³ de scories.	647 —			

14m³,900, dans lesquels le déversement de l'eau à épurer est réglé par des vannes. Dans le fond de chaque compartiment, est placée une valve cylindrique fixée à un appareil construit de telle sorte

TABLEAU IV. — **Lit secondaire à percolation.**

	LIT DE 1er CONTACT	LIT A PERCOLATION	ÉPURATION % 1er CONTACT	ÉPURATION % EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures	40,3	16,7	58	85
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation.	23,7	9,0	»	»
après incubation.	30,7	6,6	»	»
Ammoniaque	37,3	27,1	»	»
Azote albuminoïde	3,14	1,57	50	85
Nitrites en ammoniaque	traces	0,4	»	»
Nitrates —	0,2	6,0	»	»
Putrescibilité.	95/101	3 1/2/99	»	»
Volume d'eau traité par jour par m² de surface	557 litres.			
— — m³ de matériaux	457 —			

que le poids de l'eau, à un niveau déterminé, soulève la valve de son siège et la maintient levée, jusqu'à ce que le compartiment soit vidé; la valve retombe alors, en obturant l'orifice de sortie et l'opération recommence. L'eau s'écoule dans des rigoles en bois conti-

nuées par des tuyaux en poterie à demi enfoncés dans les scories et posés bout à bout, de façon à la répartir sur toute la surface du lit. Ce lit est composé de la façon suivante, en allant de haut en bas :

Une couche de 225 mm. de scories, de 3 à 6 mm.
Une couche de 375 mm. de scories, de 6 à 25 mm.
Une couche de 300 mm. de granit, de 25 à 50 mm.
Une couche de 375 mm. de granit, de 50 à 150 mm.

Le volume moyen total de l'eau traitée dans toute l'installation de Davyhulme a été de 167 444 m³, soit un minimum de 254 litres et un maximum de 318 litres par habitant. Sur ce volume, environ 92 pour 100 ont été traités, mais l'eau qui a échappé au traitement est toujours passée dans les bassins de décantation.

La somme totale des dépenses nettes a été de 761 432 fr. 50, soit 12 fr. 25 pour 1000 mètres cubes. Sur cette somme, 285 552 fr. 60 ont été employés pour le renouvellement partiel des matériaux des lits de contact.

Nous avons rapporté dans les tableaux qui précèdent les moyennes annuelles des analyses, en transformant les nombres en milligrammes par litre, avec le volume d'eau traité par mètre carré et par jour.

Les lits bactériens de contact sont formés de scories ou mâchefers, et, à l'appui de la constatation que nous avons déjà rapportée que les scories se tassaient et, par suite, s'effritaient assez rapidement, voici des mesures de capacité pour l'eau d'un lit de premier contact :

24 juillet. .	Le lit a été renouvelé	. . . .	44,8 %
4 août. . .	après 25 remplissages	. . . .	41,7 —
28 —	— 91 —	. . . .	38,0 —
31 octobre.	— 283 —	. . . .	32,9 —
25 novemb.	— 356 —	. . . .	31,7 —
2 février. .	— 620 —	. . . .	25,2 —
9 —	— 621 —	après 7 j. d'égouttage	25,2 —
10 —	— 623 —	. . . .	23,2 —

La quantité de boues produite par la décantation des eaux d'orage a été de 4554 kilogrammes pour 1000 mètres cubes d'eau d'égout, boues à 85 pour 100 d'eau.

La quantité de boues extraites des fosses septiques a été de 2886 kilogrammes à 86,8 pour 100 d'eau pour 1000 mètres cubes d'eau d'égout.

2° *Withington* (¹). — Les eaux d'égout sont traitées par décantation, puis par lits bactériens à double contact, et lits d'orage.

Le coût total du traitement de l'eau d'égout s'est élevé à 12 fr. 55 par 1000 mètres cubes.

Pendant cette année, 12 260 tonnes de boue ont été brûlées, mé-

(¹) Voir description de la station dans ces *Recherches*, t. III, p. 222.

langées aux ordures ménagères, et une partie des scories en provenant a été vendue.

Le volume moyen d'eau d'égout traitée par jour a été de de 17 590 mètres cubes, soit 195 litres minimum à 551 litres maximum par habitant.

Nous donnons les résultats d'épuration obtenus pendant l'année 1908-1909 en milligrammes par litre.

Tableau V. — **Withington.**

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES BASSINS DE DÉCANTATION	LITS BACTÉRIENS 1er CONTACT	LITS BACTÉRIENS 2e CONTACT	EAUX D'ORAGE EFFLUENT DES BASSINS DE DÉCANTATION	EAUX D'ORAGE LIT	EFFLUENT MOYEN
Oxygène absorbé en 4 hr.	47,6	40.7	16,5	8,7	24,6	11 9	9,4
Oxygène absorbé en 5 min.:							
avant incubation	»	»	6,7	5,2	»	5,0	5,9
après incubation	»	»	12,0	5,9	»	9.9	»
Ammoniaque	55,9	55,5	20,5	10,2	25,0	16,5	11,4
Azote albuminoïde	6,0	4,5	1,9	0,9	3,0	1,5	1,0
Nitrites en ammoniaque	»	»	0,5	0,2	»	0,4	0,2
Nitrates —	»	»	2,4	6,6	»	5,0	5,9
Putrescibilité	»	»	$\frac{11\ 1/2}{16}$	$\frac{4}{16}$	»	$\frac{8\ 1/2}{16}$	»
Volume traité par m² de surface par jour	»	»	600lit	»	»	552lit	»
Volume traité par m³ de scories par jour	»	»	509lit	»	»	»	»

(*Les lits ont environ 1 mètre de profondeur*).

Épuration effectuée %.

Oxygène absorbé en 4 heures par rapport	à l'eau brute	75,6
— — —	à l'effluent des bassins	80,2
Azote albuminoïde — —	à l'eau brute	76,7
— — — —	à l'effluent des bassins	85,5

5° *Moss Side sewage farm.* — Le procédé d'épuration employé à *Moss Side* est le traitement par précipitation chimique suivie de la filtration d'une partie de l'effluent sur 8 hectares 940 mètres carrés de sol drainé.

Le volume à traiter journellement par temps sec est environ 4500 mètres cubes.

De très grands labourages ont été entrepris pour obtenir la meilleure épuration, mais les efforts n'ont pas été couronnés de grand succès, par suite de la mauvaise qualité du sol et de la disposition géographique de la ferme qui est située dans une vallée

sujette aux fréquentes inondations. Il est à remarquer que, cette année, une grande partie de l'eau d'égout de Moss Side sera dérivée vers l'installation de Davyhulme, où elle peut être épurée plus facilement et à moins de frais.

Le tableau suivant donne en milligrammes par litre, la moyenne des résultats obtenus.

	Eau brute.	Effluent de précipitation.	Effluent des drains.
Oxygène absorbé en 4 heures.	60,5	55,5	8,7
Azote albuminoïde	6,9	5,45	0,8
Nitrates.	»	»	16,2

Les dépenses, diminuées des recettes (vente de récoltes 5066 fr. 45) se sont élevées, pendant l'année 1908-1909, à la somme de 59 110 fr. 20.

XII. — EXPÉRIENCES DE FILTRATION DES EAUX D'ÉGOUT A DUFFIELD

d'après Sydney Barwise.

(Sanitary Record, 11 et 18 fév. 1909.)

Dans son rapport annuel au *Derbyshire County Council*, M. *Sidney Barwise* expose les résultats de ses expériences sur les lits d'ardoises préconisés par *Dibdin*. Ces lits sont constitués par des bassins peu profonds dans lesquels sont disposées des lames d'ardoises en couches superposées, séparées par des morceaux de la même pierre, de sorte que les lames laissent entre elles des espaces vides. L'eau d'égout brute, après être débarrassée des impuretés grossières dans un bassin de décantation, est admise dans le lit d'ardoise dans lequel elle séjourne pendant 1 heure, puis elle est évacuée. Pendant la période de plein, l'eau abandonne les matières en suspension qui se déposent sur les ardoises. L'aération que subit ensuite le lit pendant la période de vide permet la désintégration partielle et surtout l'oxydation des matières organiques qui perdent presque complètement leurs caractères de putrescibilité. Lorsque les lits fonctionnent depuis un certain temps, les ardoises sont recouvertes d'un riche humus noir dans lequel se trouvent des bactéries, des vers, des larves d'insectes, des crustacés, arachnides, infusoires et protozoaires. Au microscope on aperçoit de courtes colonnes de même diamètre que l'intestin des *Tubifex Rivulorum* qui pullulent dans cet humus. Ce dernier est friable, mais il adhère aux ardoises, enrobé par des filaments de conferves.

L'auteur montre deux avantages principaux de l'emploi de ces

lits : 1° Les matières organiques décomposables (en suspension dans l'eau) sont digérées et devenues parfaitement inodores, d'où il résulte que les installations d'épuration peuvent être établies près des habitations.

2° L'enduit de limon retenu par les mailles des cultures de conferves est facilement détaché des ardoises et se brise en morceaux de 10 à 20 centimètres carrés et de 3 millimètres d'épaisseur. Sous cette forme, il se dépose facilement dans un bassin de décantation. Les ardoises, par suite, ne se colmatent pas, car lorsque l'enduit est de suffisante épaisseur il se détache. L'auteur est si convaincu de l'efficacité des lits d'ardoises qu'il n'hésite pas à les recommander pour toutes les installations qui doivent être construites à proximité des habitations.

On peut donc comprendre une telle installation de la façon suivante :

a) Un bassin de dépôt des matières les plus volumineuses en suspension dans l'eau d'égout;

b) Des lits de contact en ardoises, produisant des boues inodores et faciles à traiter, et un effluent déjà aéré;

c) Un bassin de décantation pour séparer les boues qui se détachent des ardoises;

d) Des filtres percolateurs pour oxyder facilement les matières organiques en solution.

Pour la construction des filtres percolateurs, les uns préconisent les gros matériaux (50 à 75 millimètres de diamètre) pour que le liquide y ruisselle à la surface sans former de colonnes liquides entre ces matériaux; les autres recommandent les matériaux fins (3 millimètres). Entre ces deux extrêmes, toutes les dimensions ont été employées. Il est reconnu que l'effluent de lits à gros matériaux contient toujours des quantités plus ou moins grandes de matières en suspension, ce qu'on évite avec les lits à fins matériaux qui, par contre, se colmatent rapidement. Il est certain que les matières solides qui s'échappent ainsi des lits ne sont pas de même nature que celles qui y ont été déversées. Ainsi, d'après *Watson*, le fer et quelques autres substances, solubles lorsque le liquide est distribué sur les lits oxydants, se retrouvent dans l'effluent à l'état de précipités en suspension. Le même ingénieur a, de plus, montré qu'à *Birmingham* l'effluent des lits bactériens contient souvent plus de matières en suspension que l'effluent des fosses septiques qui y est traité. Même à l'œil nu, les matières solides qui s'échappent des lits bactériens sont tout à fait différentes de celles contenues dans les fosses septiques. Leur couleur est différente, et si on les agite, elles se déposent en quelques minutes, tandis que les matières en suspension dans l'effluent des fosses septiques sont comme émulsionnées et ne se déposent qu'après un temps très long. En fait, ces matières ressemblent à celles qui se détachent des lits d'ardoises.

Les expériences rapportées par l'auteur montrent que l'épuration est d'autant meilleure que les matériaux des lits sont plus fins. Ainsi avec un lit de fragments de poteries de 3 à 6 millimètres, sur une hauteur de 0 m. 60, on obtient les mêmes résultats qu'avec un autre lit de fragments de poteries de 57 à 75 millimètres sur 1 m. 80 de hauteur. Comme choix de matériaux, l'auteur recommande le laitier de hauts fourneaux là où on peut l'obtenir à bon compte.

M. *Sydney Barwise* conclut que la solution de la question des boues dans l'épuration des eaux d'égout est facilitée par l'emploi des lits d'ardoises de *Dibdin*, car les boues sont transformées en matières inodores et faciles à traiter. Pour l'oxydation sur filtres bactériens, lorsque ces filtres seront constitués par des matériaux volumineux il y aura lieu de faire subir une décantation à l'eau qui en sort. On peut construire un lit à grains fins de 12 à 25 millimètres sur une hauteur de 1 m. 80, recouvert d'une couche de 75 à 100 millimètres de morceaux de granit de 6 à 12 millimètres, dans le but de retenir les matières en suspension à la surface. Avec un tel lit on obtient un effluent beaucoup mieux épuré et on peut en réduire les dimensions.

XIII. — L'ÉPURATION DES EAUX A BELFAST

Final Report on the scheme of sewage purification for Belfast and its probable effects on the Lough, by E.-A. Letts. Belfast (W. et G. Baird Ltd, 1908). (D'après Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 25, p. 424).

L'épuration des eaux de *Belfast* soulève certaines questions extrêmement intéressantes, qui jusqu'ici n'ont pas été envisagées ailleurs. Généralement, on cherche, par l'épuration, à obtenir un effluent incolore, imputrescible, dans lequel les matières organiques azotées ont été transformées en nitrates, et on juge la valeur de l'épuration au taux de nitrates de l'effluent. A *Belfast*, on cherche bien à obtenir un effluent incolore et imputrescible, mais la présence des nitrates est un gros inconvénient, car ils constituent un aliment excellent pour une algue, l'*Ulva latissima*, qui se développe en masses énormes dans l'estuaire du fleuve, et dont les tissus morts viennent couvrir les rives. L'azote ammoniacal est assimilé par cette algue encore mieux que l'azote nitrique.

Il faut donc éviter d'envoyer à la rivière des eaux riches en ammoniaque ou en nitrates. *Letts* a résolu ce problème d'une façon très satisfaisante. Les essais de Letts ont montré d'abord que la meilleure méthode de destruction de l'azote ammoniacal est constitué par la réunion de la fosse septique et des lits percolateurs, mais cette méthode est également celle qui donne le plus de

nitrates. Des essais faits avec différentes hauteurs de lits percolateurs et différentes durées de séjour en fosse septique ont montré que la hauteur de 1 m. 70 et le séjour de six heures étaient les plus favorables pour les eaux de Belfast. En mélangeant l'effluent des lits percolateurs avec son volume d'eau sortant de la fosse septique, *Letts* a constaté une dénitrification intense, et le taux de nitrates a été réduit de *près* de 60 pour 100 par traitement dans un lit bactérien de *dénitrification*, le taux de l'ammoniaque étant réduit lui-même de 85 à 90 pour 100. Cette observation a permis à *Letts* de donner la solution suivante pour l'épuration des eaux de Belfast :

1° Purification préalable de l'eau par grilles et fosses à sable;

2° Fosses septiques avec six heures de séjour des eaux dans les fosses;

3° Épuration de l'effluent des fosses septiques par lits percolateurs à sprinklers;

4° Mélange en parties égales de l'effluent des fosses septiques et de l'effluent des lits percolateurs;

5° Traitement de ce mélange en lit bactérien de dénitrification, avec quatre heures de remplissage pour deux heures d'aération.

Les eaux ainsi traitées ont un coefficient d'épuration de 80 à 82 pour 100 et peuvent être évacuées dans le fleuve sans inconvénients.

XIV — COMMISSION ROYALE ANGLAISE POUR L'ÉTUDE DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT.

6e rapport (1909).

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES FABRIQUES DE WHISKY ET DES DISTILLERIES DE GRAINES.

Traitement des eaux résiduaires de distillerie de grains.

L'ensemble des eaux résiduaires de distilleries de grains (fabriques de Whisky) comprend :

1° Les eaux de trempage du malt avant le maltage.

Leur composition varie avec le procédé de trempage employé : par écoulement continu ou par stagnation. Dans ce dernier cas, elle est beaucoup plus polluée. Voici sa composition moyenne :

Par litre.	Écoulement continu.	Stagnation.
Azote ammoniacal	0,0015	0,0058
— albuminoïde	0,0045	0,0224
Oxygène absorbé en 4 heures	0,500	0,860
— dissous nécessaire pour l'oxydation complète du liquide, environ	2,600	7 à 8,000

2° Les eaux de lavage de l'usine et de tous les appareils, cuves, etc..., ainsi que les eaux d'égouttage des drèches solides après épuisement.

3° Les vinasses, résidus de la distillation, dont la composition est la suivante :

	Par litre.
Azote ammoniacal	0,0382 à 0,1216
— albuminoïde	0,604
— organique total	1,569
Oxygène absorbé du permanganate immédiatement	1,092
— absorbé du permanganate en 4 heures	11,778 à 11,810
Phosphates en anhydride phosphorique	1,980
Oxygène dissous nécessaire pour l'oxydation complète du liquide	45,750

4° Les résidus de la 2e distillation ou rectification. Ces eaux sont peu polluées : elles contiennent une égale proportion de matières fixes et volatiles, environ 150 à 180 milligrammes par litre; une petite quantité d'acides volatils (acide acétique) et des traces de cuivre.

Volume des eaux résiduaires. — Une distillerie traitant 363 hectol. 500 d'orge par semaine, distillerie moyenne, produit approximativement par semaine :

Eaux de trempage	$36^{m^3},320$
Vinasse	$59^{m^3},020$
Eaux résiduaires de rectification	$18^{m^3},160$
— de lavage	$90^{m^3},800$

Parmi ces liquides on peut considérer que la vinasse est au moins 40 fois plus concentrée qu'une eau d'égout ordinaire et les eaux de trempage par stagnation de 5 à 10 fois. Les eaux de rectification sont au contraire moins concentrées qu'une eau d'égout moyenne.

Les eaux de lavage ont une composition extrêmement variable, mais sont cependant moins polluées que les vinasses.

Épuration. — La plupart des experts consultés par la Commission étaient d'avis qu'on peut épurer ces eaux par irrigation terrienne, mais non par les filtres biologiques.

M. *Hendrick* pense cependant que ces eaux peuvent très bien être épurées par les lits bactériens percolateurs si le liquide est composé de quantités proportionnelles des différentes eaux de la distillerie et s'il est d'abord soumis à une épuration chimique.

Pour les vinasses, M. *Stevenson* pense que le seul traitement pratique est l'évaporation et la torréfaction.

M. *Fullarton* est favorable à la pulvérisation des vinasses dans la cheminée : leur destruction est ainsi totale.

Épuration terrienne. — Plusieurs témoins ont émis l'opinion que, dans des conditions convenables, les vinasses peuvent être épurées d'une manière efficace, et la terre s'en trouve améliorée. C'est surtout pour les prairies que le bénéfice est apparent. Pour que le traitement réussisse, il est essentiel d'avoir une bonne distribution et que les vinasses soient bien décantées. A *Glenlivet* on a trouvé que le dépôt de matières en suspension, principalement constitué par des levures, faisait périr les jeunes pousses d'herbe.

Dans la plupart des cas on a remarqué qu'il est avantageux de chauler la terre de temps en temps.

Destruction par la chaleur. — A *Convalmore* où se pratique l'évaporation, le produit sirupeux est vendu 28 francs la tonne comme engrais.

A *Ben Rinnes*, la vinasse est pulvérisée sous forte pression dans la cheminée dans laquelle les fines gouttelettes sont entraînées, en partie séchées et rejetées au dehors. Le reste vient se coller sur les parois intérieures de la cheminée, et les matières sont détruites lorsque le feu s'y communique, ce qui arrive environ une fois par semaine. Depuis 6 ans la cheminée n'a pas été endommagée de ce fait.

Le procédé de la *Liquid Destructor C°*, employé à *Knockando* et à *Longmorn*, consiste dans l'évaporation des vinasses de la façon suivante : Un certain nombre de plateaux, chauffés en partie par la chaleur perdue des chaudières et en partie par un foyer auxiliaire, sont placés dans le conduit, au bas de la cheminée. Sur ces plateaux on fait couler continuellement la vinasse. La vitesse d'écoulement est réglée de façon que le produit soit séché et carbonisé. Il est ensuite vendu comme engrais.

Observations. — Ces procédés permettent de traiter seulement les vinasses et nécessitent l'emploi d'autres moyens pour le reste des eaux résiduaires. Ils présentent cet inconvénient qu'il se dégage souvent des usines où on les a adoptés des odeurs extrêmement désagréables, perceptibles à 2 ou 3 kilomètres de distance.

Les chaleurs perdues permettent la destruction de 1/5 au plus des vinasses.

Évaporation suivie de torréfaction. — Ce procédé est employé à *Rothes* par 4 distillateurs.

Des réservoirs d'attente la vinasse est refoulée dans une première série de 3 évaporateurs par le vide, arrangés de telle façon qu'une pression réduite graduée permette à la chaleur inutilisée par l'un des évaporateurs de chauffer la vinasse dans l'évaporateur voisin. L'ébullition est produite par la vapeur qui circule dans un grand nombre de tubes placés verticalement dans les évaporateurs. La température d'ébullition atteint 104 degrés dans la première unité. A des intervalles convenables, pratiquement environ chaque demi-heure, le contenu d'un évaporateur est envoyé dans le voisin et

ainsi de suite. Le liquide dans la 2e unité bout à 92 degrés, dans la 3e à 86 degrés, dans la 4e à 78 degrés, et dans la cinquième et dernière, où la pression est réduite à environ 75 millimètres de mercure, à 55 degrés. Par un dispositif spécial, on peut évacuer le sirop obtenu sans réduire le vide dans les appareils. Dans la pratique, chaque kilogramme de combustible ramène 22 à 25 kilogrammes de vinasse à 7 pour 100 de son volume initial, ce qui est très économique.

Toutes les parties des appareils en contact avec la vinasse sont en bronze.

Dans la deuxième partie du traitement, le sirop de vinasse ainsi obtenu s'écoule dans des bassines en fer peu profondes, qui doivent traverser un long conduit recevant les produits de combustion des chaudières et d'un foyer auxiliaire. Ces conduits ont environ 27 mètres de long. La température à l'entrée est à peu près de 260 degrés et à la sortie de 120 à 135 degrés. Le fond de chaque bassine est recouvert d'une couche de 25 millimètres de sirop et la vitesse de translation des bassines est calculée pour qu'à la sortie du conduit leur contenu soit charbonné.

La matière est détachée des bassines, puis refroidie et pulvérisée. On la vend facilement comme engrais.

Il faut environ 4 tonnes de combustible pour obtenir une tonne d'engrais marchand, ce qui fait dépendre le prix de l'engrais du cours des combustibles. Même en vendant l'engrais au prix de 118 fr. 75 la tonne, le procédé ne permet pas de couvrir tous les frais de main-d'œuvre, réparations, etc....

Observations. — Bien que l'eau qui s'évapore pendant la concentration de la vinasse soit en quelque sorte de l'eau distillée, on a pu remarquer dans le bassin de décharge la présence de cultures d'algues grises ainsi que dans le tuyau d'amenée. A la fin de l'opération l'ébullition a lieu sous pression très réduite : aussi de fines gouttelettes de sirop peuvent-elles être entraînées, et, comme à ce moment le sirop est le plus concentré, la présence d'un peu de ce sirop dans l'eau évaporée donne un liquide pollué.

Voici la composition des eaux condensées (par litre) :

Azote ammoniacal	0,0003	0,00036
— albuminoïde	0,0003	0,00048
Oxygène absorbé en 4 heures	0,1088	0,4720
— dissous consommé en 7 jours au moins	0,074	»

Il se dégage de l'usine à certains moments des odeurs très désagréables.

Épuration par les lits de contact. — On a employé des séries de 6 ou 7 lits de contact, le liquide passant successivement dans chaque lit d'une seule série.

Quelques expériences ont été effectuées à *Mortlach* pour savoir si, en diluant d'abord l'eau résiduaire avec de l'eau, puis ajoutant de la chaux et laissant décanter, on pouvait obtenir un meilleur effluent. Des taux progressifs de filtration ont été ainsi essayés. Bien qu'on obtienne un pourcentage élevé d'épuration, l'effluent final est putrescible au test d'incubation. Donc les 6 contacts ne sont pas suffisants pour obtenir un effluent très épuré.

Des essais ont été faits pour épurer une eau de trempage très concentrée (traitée d'abord par la chaux et décantée) par 6 contacts successifs. L'épuration a été de 80 pour 100 pour un traitement de 109 litres par mètre carré et par jour.

Épuration par les filtres percolateurs. — Pour les essais de *Coleburn* on a adopté la méthode suivante : Toutes les eaux résiduaires de la distillerie sont mélangées dans la proportion où elles sont produites chaque jour, puis le mélange est dilué avec de l'eau et précipité par un lait de chaux. Le volume final s'élève à 10 fois le volume primitif de vinasse.

Le filtre percolateur a 7 m. 20 de diamètre et 3 m. 60 de profondeur. Il est composé de coke de bonne qualité variant de 25 à 75 millimètres. Il est alimenté par un sprinkler rotatif intermittent. Après un an de fonctionnement on a reconnu utile de le couvrir pour le protéger contre les intempéries. L'effluent passe ensuite au travers d'un filtre mince de sable, de 25 millimètres, reposant sur une couche de gravier de 75 millimètres d'épaisseur.

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Milligramme par litre.	
	Avant.	Après.
	—	—
Azote ammoniacal.	4,2	0,3
— albuminoïde.	28,8	1,4
— total.	66,3	11,3
Oxygène absorbé en 4 heures.	711,0	17,5
Azote nitreux	»	0,1
— nitrique.	»	6,6
Matières en suspension	160,0	moins de 10,0

Le mélange traité comprenait d'abord :

Vinasse.	1 816 litres
Autres eaux résiduaires	4 540 —
Eaux de dilution	11 804 —

ce qui correspondait à 10 litres 9 de vinasses et 27 litres 2 d'autres eaux résiduaires traitées ensemble par mètre carré et par jour. Dans la troisième année (à laquelle correspondent les analyses) le filtre épurait 1 488 litres de vinasses portées par dilution à 18 160 litres par jour.

Les effluents n'étaient pas putrescibles.

Les *qualités bactériologiques* de l'effluent sont d'importance tout à fait secondaire dans le cas d'eaux résiduaires de distilleries. Quoi qu'il en soit, le nombre des germes est remarquablement réduit par la filtration sur lits percolateurs.

Effets de l'effluent sur les saumons. — Les saumons vivent très bien et même prospèrent dans l'effluent non dilué.

Épuration des eaux résiduaires de distilleries de grains. — La plupart de ces distilleries étant établies dans les villes, les eaux résiduaires sont évacuées dans les égouts.

Des analyses comparatives ont montré que la composition de ces eaux était analogue à celles des distilleries de whisky, mais moins concentrées. Il n'y a pas de raison pour qu'on n'obtienne pas les mêmes résultats.

Conditions que doit remplir l'effluent épuré. — Dans les petites rivières poissonneuses où il est indiqué que l'effluent soit très épuré, il doit remplir les conditions suivantes :

1° Ne pas contenir plus de 30 milligrammes par litre de matières en suspension ;

2° N'être pas putrescible après sept jours d'incubation à 30°;

3° Ne pas absorber, après filtration sur papier, plus de 15 milligrammes par litre d'oxygène dissous ou gazeux en cinq jours.

Conclusions. — 1° On peut pratiquement épurer les eaux résiduaires de distillerie soit par épandage sur le sol, soit par les filtres biologiques.

2° Les filtres percolateurs sont plus efficaces que les lits de contact, et il est utile de diluer les eaux, puis de les traiter par la chaux avant de les déverser sur les filtres.

3° On peut détruire les vinasses par la chaleur et utiliser à cet effet les chaleurs perdues, mais celles-ci ne suffisent que pour la destruction de 1/3 environ des vinasses produites par une usine.

4° On peut évaporer la vinasse, puis incinérer le sirop et produire un engrais dont la valeur marchande actuelle est de 125 francs la tonne. La vente ne couvre pas les frais de l'opération, et cette méthode a l'inconvénient de répandre aux environs de l'usine des mauvaises odeurs.

5° Le coût des différentes méthodes de traitement varie avec les circonstances locales. Lorsqu'on peut trouver des terrains appropriés et à un prix moyen, le traitement par le sol est le plus économique, mais il faut avoir soin d'effectuer un épandage méthodique pour ne pas sursaturer la terre.

En ce qui concerne les procédés artificiels, le traitement par filtres percolateurs est considérablement plus économique que la destruction ou l'évaporation, car ces derniers procédés ne permettent de traiter que la vinasse seule et il faut alors adopter une autre méthode pour épurer le reste des eaux résiduaires.

ALLEMAGNE

XV. — LES CHAMPS D'ÉPANDAGE DE CHARLOTTENBOURG ET LEUR IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

D'après GEISSLER. — Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 44, p. 758.

Les eaux envoyées sur les champs d'épandage de *Charlottenbourg* proviennent d'une canalisation installée suivant le système unitaire ; elles comprennent donc à la fois les eaux ménagères, industrielles et météoriques. 85 pour 100 de ces eaux sont envoyées par deux pompes au champ d'épandage de *Carolinenhöhe-Gatow*, le reste est épuré sur les champs d'épandage de la ville de Berlin.

Le champ d'épandage de *Carolinenhöhe-Gatow* est situé à 2 kilomètres de *Spandau* et à 9 kil. 2 de la station de pompes de *Charlottenbourg*. La surface présente des différences d'altitude assez fortes ; sa constitution géologique se rattache au sable diluvien traversé par des bandes argileuses ; ses dimensions atteignent 885 hect. 5, mais 267 hect. 02 seulement sont agencés pour l'épandage, en y comprenant les bassins de décantation et les espaces libres pour la dessiccation des boues ; il reste donc 250 hect. 85 pour l'épandage proprement dit. Les volumes d'eau envoyés par temps sec sur le champ d'épandage atteignent en moyenne 30 000 mètres cubes, mais ce chiffre s'élève à 60 000 mètres cubes au moment des fortes pluies. En 1907, on a traité, dans l'année, 11 170 000 mètres cubes. Le chargement moyen de la surface a été par suite de 44 500 mètres cubes par hectare et par an, soit 122 mètres cubes par hectare et par jour. Ce chiffre est quatre fois plus élevé que celui des champs d'épandage de Berlin, où il n'est que de 55 mètres cubes par hectare et par jour.

Les eaux sont composées en grande partie d'eaux ménagères ;

les eaux industrielles n'y entrent que dans la proportion de 12 à 14 pour 100. Leur composition moyenne est la suivante :

		Mgr. par litre
Matières en suspension	totales	750
	organiques	460
	inorganiques	290
Matières en solution	totales	1 330
	organiques	244
	inorganiques	1 086
Azote	total	60,5
	organique	50,2
	ammoniacal	10,3
Chlore		270
Permanganate absorbé		228

Les canalisations qui amènent les eaux de la station de pompes au champ d'épandage l'atteignent au Nord-Ouest et se ramifient ensuite en canalisations fermées de répartition. Les orifices d'écoulement sont placés aux quatre points élevés, d'où l'eau peut s'écouler par gravitation. L'eau qui sort du tuyau passe d'abord dans une trompette ouverte vers le haut et se rend aux bassins de décantation. Ceux-ci ont une longueur moyenne de 60 mètres, une largeur de 15 à 30 mètres et une profondeur moyenne de 0 m. 45. Leur fond est incliné en sens inverse de la direction du courant. Ils sont simplement creusés dans le sol; leur fond et leurs parois ne sont qu'en faible partie renforcés par du béton. La capacité des bassins de décantation atteint en tout 15 000 mètres cubes, soit la moitié de l'effluent journalier par temps sec ; leur fonctionnement est continu et l'eau y circule à une vitesse moyenne de 7 millimètres à la seconde. L'eau y abandonne 74 pour 100 de ses matières en suspension ; il reste donc 26 pour 100 de matières en suspension qui sont envoyées sur les champs. Chaque bassin fonctionne pendant trois ou quatre semaines, jusqu'à ce qu'il soit complètement rempli de boues ; il est alors isolé des autres ; on enlève les boues très liquides et on les envoie, par des fossés ouverts, vers les espaces réservés à leur dessication dans les parties les plus perméables du sol. La boue y est étalée sous une hauteur de 30 à 40 centimètres, et elle y reste jusqu'à ce qu'elle soit devenue solide, ce qui demande de quatre à douze semaines, suivant l'époque de l'année. La teneur en eau des boues tombe ainsi de 90 à 60 pour 100, et la couche n'atteint plus alors que 6 à 8 centimètres. On la recueille et on l'utilise comme engrais. On a ainsi obtenu, en 1907, 15 000 mètres cubes de boues solides, pour 11 170 000 mètres cubes d'eau, soit 0 l. 74 de boues solides par mètre cube d'eau. Il est juste de remarquer que, depuis deux ans, on a supprimé la purification préalable des eaux par tamis, dans les fosses à sable de la station de pompes de Charlottenbourg. Presque toutes les matières en

suspension sont donc envoyées aux champs d'épandage, ce qui n'a augmenté que de fort peu les quantités de boues séparées sur les champs, et ce qui a réduit considérablement les frais de traitement de ces boues à la station de pompes.

Les boues desséchées sont enlevées, par les fermiers, des champs d'épandage, qui la vendent environ 50 pfennig le mètre cube, quand ils n'en ont pas besoin pour leur culture. L'administration tire de la surface des espaces réservés à la dessiccation des boues le même fermage que des parcelles irriguées. La surface nécessaire pour les bassins de décantation atteint 5 hect. 4 ; celle des espaces réservés pour la dessication des boues atteint 11 hect. 40, soit en tout 16 hect. 8 ou 6,2 pour 100 de la surface agencée pour l'épandage.

L'eau qui a traversé les bassins de décantation se rend sur les parcelles disposées spécialement pour l'irrigation, au nombre de 750. Ces parcelles, en 1907, ont été irriguées 51 848 fois en 452 564 heures, ce qui représente pour chaque parcelle 69,1 irrigations de 8 h. 54 par an, soit environ une irrigation tous les 5 jours. Les parcelles, tantôt horizontales, tantôt en pente, ont une surface d'environ un quart d'hectare. L'épandage sur les parcelles horizontales se fait au moyen d'un petit fossé horizontal qui entoure la pièce, et dans lequel les eaux s'élèvent et débordent. Pour les parcelles en pente, l'eau arrive à l'angle supérieur et s'écoule suivant la pente. Dans certaines parcelles où l'on cultive des betteraves, des choux, etc., l'arrosage se fait dans des sillons parallèles, à 1 mètre d'espacement.

Le chargement moyen est de 122 mètres cubes par hectare et par jour, mais certaines parties du champ, dont le sol se prête mieux à l'épandage, reçoivent un chargement sensiblement plus fort. Les meilleures parties sont constituées par le sable pur, puis par le sable argileux : les terrains argileux se prêtent mal à l'épandage. On n'a pas pu constater encore une diminution de la capacité d'absorption du sol pour l'eau, bien que certaines parties du champ d'épandage fonctionnent depuis dix-neuf ans. Il suffit, tous les quatre ou cinq ans, de procéder à un défrichement régulier des parcelles. Dans ces conditions, la durée d'un champ d'épandage semble être indéfinie.

Les parcelles sont munies d'un drainage dont les tuyaux sont éloignés de 10 mètres dans les terrains sableux et de 5 mètres dans les sols moins perméables. La profondeur du drainage atteint toujours au moins 1 m. 55. L'assemblage hermétique des joints des drains était fait, dans les premières années, au moyen d'argile disposée autour des joints. Depuis quelques années, les tuyaux sont assemblés avec de l'argile, mais la partie supérieure du joint est recouverte de tourbe. Après dix-huit ans de fonctionnement, il n'est pas nécessaire de renouveler le drainage. L'eau qui sort des drains coule dans un fossé ouvert et se rend dans l'Havel.

Le chargement de l'eau en hiver n'a, pour ainsi dire, jamais

causé de difficultés. Mais il faut avoir soin d'avoir toujours un nombre suffisant de parcelles fraîchement défrichées. L'épandage des prairies d'hiver doit être complètement supprimé pendant les périodes de froid. Il se forme parfois une couche superficielle de glace, mais cette couche devient très faible au bout de deux ou trois jours, car l'eau arrive encore à 4 degrés sur les champs d'épandage, par un froid de — 18 degrés. L'absorption de l'eau par le sol se fait alors normalement sous la couche de glace.

L'effet épurant produit par le champ d'épandage varie naturellement entre certaines limites, suivant le chargement, la concentration de l'eau, etc. En moyenne, l'épuration est cependant toujours supérieure à celle que donnent les procédés biologiques. Les analyses suivantes permettent de se rendre compte du travail des champs d'épandage :

		EAU BRUTE	EAU SORTANT DES BASSINS DE DÉCANTATION	EAU DU FOSSÉ SUD
Couleur		Noire très trouble	Brune, très trouble	Jaunâtre trouble
Odeur		nauséabonde	nauséabonde	terreuse
Réaction		faiblement alcaline	faiblement alcaline	faiblement alcaline
		mgr. par litre	mgr. par litre	mgr. par litre
Matières en suspension	totales	946,0	225,6	50,4
	organiques	710,0	165,6	30,4
	inorganiques	236,0	60,0	20,4
Matières en solution	totales	963,0	928,0	998,0
	organiques	205,0	170,0	275,0
	inorganiques	758,0	758,0	723,0
Azote	total	51,4	53,2	15,7
	organique	49,4	43,2	5,0
	ammoniacal	10,0	10,0	10,7
Chlore		268,0	264,5	195,5
Permanganate absorbé		227,8	221,7	52,0
Acide nitrique		absence	absence	abondance
Acide nitreux		»	»	»

On voit par ces analyses qu'il reste encore dans l'eau de drainage une certaine quantité de matières organiques et inorganiques qui peuvent servir d'aliments aux organismes inférieurs : aussi les fossés sont-ils remplis d'algues et, notamment, de *Sphaerotilus natans* et de *Leptornitus*.

La répartition de l'eau sur le champ d'épandage regarde les gardiens du champ. Ceux-ci ont pour mission d'assurer l'écoulement des eaux suivant les indications du chef de l'épandage et d'entretenir les canalisations et les fossés d'évacuation. Ces gardiens sont

au nombre de six, trois pour le jour et trois pour la nuit ; chacun a la surveillance de 89 hectares. Ils sont surveillés par le chef de l'épandage qui est un employé de la ville. Celui-ci est responsable du bon état de la surface des parcelles, de la bonne distribution des eaux ; il doit veiller à ce que les fermiers remplissent bien leurs obligations. L'utilisation agricole des champs d'épandage se fait surtout au moyen des prairies et des betteraves. En 1907, on comptait :

	Hectares.
En prairies	165,15
En betteraves	64,22
En choux et légumes	10,07
En pommes de terre	1,28

Les prairies sont constituées exclusivement par un mélange de *Ray Grass* italien et de *Thimothée*, en proportions de 2 : 1. On y fait 4,5 et même, parfois, 6 récoltes par an ; et on récolte en moyenne 700 quintaux par hectare et par an. Le foin ne peut pas être desséché, à cause de sa très haute teneur en eau, mais sa valeur nutritive est cependant supérieure à celle des foins ordinaires. Quant aux betteraves, elles donnent un rendement très satisfaisant, mais elles sont très aqueuses et leur qualité est inférieure à celle des betteraves qui poussent sur sol ordinaire.

Le champ d'épandage est affermé, aussi bien dans ses parties non agencées pour l'épandage que dans ses parties agencées. Le prix du fermage, pour les parties non disposées pour l'épandage, est de 40 marks par hectare ; il oscille entre 144 et 170 marks et est en moyenne de 149 mk. 20 pour les parties préparées pour l'épandage. La redevance est calculée sur la surface totale, y compris les chemins, fossés de répartition, etc.

La répartition de l'eau ne regarde que l'administration et nullement le fermier, mais on tient compte, évidemment, de l'état des récoltes le plus possible. Le fermier doit maintenir le sol en bon état de culture, au moyen de façons nécessaires. L'entretien et la surveillance des bassins de décantation et des fossés de répartition d'eau, du drainage et des fossés d'évacuation appartient à l'administration.

Le droit de chasse sur les champs d'épandage est affermé pour 1000 marks par an.

L'odeur n'est sensible que dans le voisinage immédiat des bassins de décantation ; l'atmosphère n'est complètement viciée par les mauvaises odeurs que très rarement, par les temps de brouillard. Pour protéger le voisinage contre ces odeurs, on a disposé, au Nord et à l'Est, une bordure d'arbres à feuillage, d'une largeur de 50 mètres, qui a coûté, jusqu'ici, 51 700 marks, y compris l'entretien.

Pour garantir des infiltrations les agglomérations voisines et situées plus bas, on a creusé au nord et au sud du champ des fossés collecteurs, ordinairement ouverts, profonds de 6 m. 80 à 9 m. 50. Ces fossés ont coûté très cher à cause de leur profondeur. Ils ont atteint le prix de 790 000 marks, pour la partie nord seule.

Pour l'acquisition du terrain du champ d'épandage, on a traité, en 1880, l'achat de 560 hectares pour 591 086 marks, soit 1600 marks l'hectare environ. En 1905, on a acheté de nouveau 502 hectares pour 1 597 645 marks, soit 3180 marks à l'hectare. Le prix global du terrain s'est élevé à 2 195 231 marks, ce qui correspond à un prix moyen de 2520 marks à l'hectare. Sur ce chiffre, les 267 hectares disposés pour l'épandage reviennent à 690 480 marks.

Les frais d'agencement pour l'épandage ont atteint 571 490 marks, soit 2140 marks par hectare, non compris les frais de canalisations et de répartition qui se sont élevés à 841 900 marks. La préparation du sol pour l'épandage a coûté en tout 1 552 580 marks, pour les 210 000 habitants, soit 7 mk. 29 par tête, non compris les fossés collecteurs d'assèchement dont nous avons parlé plus haut. Les frais d'entretien se montent en moyenne à 54 150 marks, c'est-à-dire à 0,5 pfennig par mètre cube.

Le tableau suivant permet de comparer ces résultats avec ceux qui sont fournis par d'autres champs d'épandage :

Il importe de remarquer que la comparaison des chiffres de ce tableau ne peut avoir qu'une valeur relative. Le chargement par unité de surface, le traitement préalable de l'eau, le rapport entre les parties agencées et les parties non agencées, la nature de l'exploitation, les frais d'agencement et d'achat du terrain sont trop différents pour qu'on puisse leur assigner une valeur moyenne. Certaines installations fonctionnent d'une façon tout à fait spéciale, par exemple celle de Bromberg où le terrain est mis à la disposition d'une société qui en a l'usage agricole à ses risques et périls, celle de Dantzig qui date de 1872, celle de Darmstadt où les deux tiers des champs d'épandage sont constitués par des propriétés privées, celle de Königsberg où l'eau d'égout est prélevée dans les canaux, par une société suivant ses besoins, etc. Dans le tableau qui précède, pour obtenir des chiffres comparables on a pris pour le prix d'achat du terrain le prix moyen des parcelles agencées et non agencées. Les frais de construction des canalisations d'adduction ne sont pas compris dans les frais d'agencement, car ils diffèrent trop suivant les conditions locales; de même les frais d'entretien et d'exploitation ne comprennent que ceux qui se rapportent aux personnes occupées sur les champs d'épandage, et non aux personnes de l'administration centrale. L'intérêt annuel est compté à 4 pour 100 pour les frais d'achat et d'agencement, l'amortissement à 1 pour 100 pour les frais d'agencement seuls. On n'a pas compté d'amortissement du prix d'achat, car les terrains ne perdent pas de valeur par l'épandage. La comparaison entre les recettes des

NOM	ANNÉE	NOMBRE DES HABITANTS RATTACHÉS A L'INSTALLATIO	DE LA SURFACE		D'EAU PAR TÊTE		QUANTITÉ D'E ÉPANDUE PAR AN EN MILLIONS DE M	D'EAU PAR HECTARE		NOMBRE D'HABITANTS POU 1 HECTARE	NATURE DU TRAITEMENT PRÉALABLE DES EAUX	PRIX D'ACHAT DE LA SURFACE AGENCÉ	PRIX D'ACHAT RAPPORTÉ A L'HECTA	PRIX DE LA PRÉPARATIO DU SOL	PRIX DE L'AGENCEMEN ET DU DRAINAGE PAR HECTARE
			TOTALE	AGENCÉE POUR L'ÉPANDAGE	PAR JOUR EN LITRES	PAR AN EN MC.		PAR AN	EN 24 HEURES						
								mc.	mc			marks	marks	marks	marks
Berlin-Falkenberg . . .	1906	375 000	2020	1540	132	48	18,00	11 688	32	245	Aucun	4 065 859	2658	5 382 589	2295
Berlin-Sputendorf . . .	1906	379 700	2076	1151	132	48	18,50	15 256	42	356	»	1 485 595	1314	1 688 585	1495
Braunschweig	1904	136 500	476	401	105	38	5,25	13 100	38	294	»	1 307 000	3259	945 000	2551
Breslau.	1907	480 000	1742	985	155	56	26,89	26 695	73	488	»	1 674 100	1720	1 792 100	1820
Charlottenburg.	1907	210 000	885	267	136	50	11,17	44 500	122	824	Bassins de décantation	690 480	2520	841 900	1550
Dormund.	1905	175 000	825	316	240	88	15,40	27 800	76	340	Aucun	1 105 985	2141	1 154 626	»
Magdeburg.	1905	240 700	1074	354	115	42	10,60	19 800	54	450	»	598 080	1120	1 100 116	»
Rixdorf-Wasmannsdorf	1907	205 000	456	264	81,8	30	5,60	21 200	58	776	»	298 848	1132	680 000	1670 e
Rixdorf-Boddiensfelde .	1909	73 000	352	125	82,2	31	2,20	17 600	48	580	Bassins de décantation	505 000	2440	300 000	2000 e
Schöneberg.	1908	141 000	625	377	156	57	8,09	21 400	58	574	»	486 350	1290	1 250 000	»

NOM	FRAIS DE PRÉPARATION, D'AGENCEMENT ET DE DRAINAGE		DÉPENSES ANNUELLES D'INTÉRÊTS ET D'AMORTISSEMENT		FRAIS D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN			DÉPENSES COURANTES TOTALES			PRODUIT DES FERMAGES DE LA PARTIE AGENCÉE PAR AN	OBSERVATIONS
	TOTAUX	PAR TÊTE	TOTALES	PAR TÊTE	EN MARKS PAR AN	EN MARKS PAR TÊTE	EN PFENNIGS PAR MC.	EN MARKS PAR AN	EN MARKS PAR TÊTE	EN PFENNIGS PAR MC.		
	marks	marks	marks	marks								
Berlin-Falkenberg . . .	7 596 278	20,26	339 172	0,90	79 512	0,21	0,4	418 684 a	1,11	2,5	»	L'excédent, c'est-à-dire la différence entre les recettes courantes et les dépenses courantes pour toute la surface, sans intérêt ni amortissement a atteint :
Berlin-Sputendorf. . . .	3 174 178	8,56	145 852	0,38	50 677	0,14	0,5	194 529 b	0,52	1,1	»	a) 141 588 mk. — b) 18 129 mk. — c) 15 400 mk. — d) 46 777 marks.
Braunschweig	2 250 000	16,50	99 450	0,75	»	»	»	» c	»	»	»	e) Le drainage est disposé à environ 5m d'écartement.
Breslau.	3 466 200	7,22	156 569	0,32	20 451	0,04	0,1	177 020	0,36	0,7	73 600	
Charlottenburg. . . .	1 532 380	7,29	69 714	0,33	34 150	0,16	0,3	103 864	0,49	0,9	39 000	
Dortmund.	2 588 611	14,60	116 890	0,66	64 460	0,36	0,4	181 350	1,02	1,1	49 800	
Magdeburg.	1 698 196	7,09	78 928	0,32	24 500	0,10	0,2	103 428 d	0,43	1,0	»	
Rixdorf-Wasmannsdorf	978 948	4,78	45 952	0,22	17 300	0,08	0,3	63 252	0,31	1,1	40 000	
Rixdorf-Boddensfielde .	605 000	8,28	27 200	0,37	»	»	»	»	»	»	»	
Schöneberg.	1 736 350	12,31	81 952	0,57	»	»	»	»	»	»	»	

diverses installations est encore plus difficile, ces recettes sont différentes suivant les conditions locales et peuvent ainsi varier beaucoup.

Le tableau qui précède montre que l'installation de Charlottenbourg, malgré les frais très élevés d'achat du terrain (2 520 mk. par hectare) travaille très économiquement, puisque les frais généraux n'atteignent que 0,9 pfennigs au mètre cube. Ce fait vient surtout du traitement préalable des eaux qui, en supprimant une grande partie des dépôts, évite le colmatage et permet un chargement plus fort. Ce chargement atteint 122 mètres cubes à l'hectare par 24 heures au lieu de 32 ou 42 mètres cubes à Berlin.

XVI. — ESSAIS AVEC L'APPAREIL KREMER ET AVEC DIVERS MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION DES LITS PERCOLATEURS

D'après Dr J. VOGELSANG. — (Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt fur Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. — Heft 12, 1909, p. 229).

Ces essais ont été faits à la station expérimentale de *Charlottenbourg*. L'eau d'égout amenée par la canalisation de Charlottenbourg, en système unitaire, avait une composition chimique extrêmement variable : la teneur en chlore oscillait entre 188 et 349 milligrammes par litre, la teneur en azote total entre 45 et 125 milligrammes, en azote ammoniacal entre 34 et 106 milligrammes ; en azote organique entre 8 et 33 milligrammes ; le permanganate absorbé variait entre 224 et 372 milligrammes. Cette eau subissait une purification mécanique par l'appareil Kremer, puis s'écoulait au lit percolateur de 8 m. 50 de diamètre et de 3 mètres de hauteur, alimenté par un distributeur rotatif de Fiddian. Ce lit était divisé en six parties égales par des murs bâtis suivant des rayons du cercle, de manière à avoir six lits percolateurs distincts. Le premier était constitué par du charbon de terre en morceaux de la grosseur d'une noix, le deuxième par du charbon de terre en morceaux gros comme le poing, le troisième par du charbon de terre en morceaux gros comme une tête d'enfant, le quatrième par des briques entières, le cinquième par des briques cassées en deux, le sixième par des morceaux de brique de la grosseur d'une noix. Le volume de chaque lit était de 20 mètres cubes, et les matériaux y avaient été simplement déversés sans précautions. Les eaux sortant des lits percolateurs passaient ensuite dans un bassin de décantation.

La quantité d'eau traitée en 10 heures a été de 60 mètres cubes, soit environ 1 mètre cube d'eau pour 2 mètres cubes de maté-

riaux ; et le travail a été soumis, depuis mars 1908, à un contrôle régulier.

Résultats fournis par l'appareil Kremer. — L'appareil employé renfermait 28 m³ 5 d'eau ; et on a traité en 10 heures chaque jour 76 mètres cubes, dont 60 mètres cubes étaient envoyés ensuite aux lits percolateurs ; ce chiffre de 76 mètres cubes correspond à un chargement de 2^{l},1 à la seconde. Tous les jours, les boues déposées au fond de l'appareil étaient évacuées. On a constaté que l'appareil Kremer séparait, dans ces conditions, la plus grande partie des graisses et, en moyenne, 66 pour 100 des matières en suspension. Dans la couche graisseuse superficielle, on a retenu une grande quantité de débris légers (plumes, papier, bois, bouchons) qui représentaient 25 pour 100 de la couche de graisses à l'état sec. Sur 102 jours de fonctionnement, on a recueilli une couche superficielle de 192 kilogr. 15, dont la matière sèche renfermait environ 75 pour 100 de graisses. Les 192 kilogr. 15 contenaient 28 kilogr. 817 de graisses, ce qui correspond à une séparation de 5 gr. 98 de graisses par mètre cube d'eau. Il restait cependant encore une proportion de graisses assez forte, comme l'a montré l'examen de la couche superficielle qui se formait dans les bassins de décantation placés à la suite des lits percolateurs. Les boues de l'appareil Kremer, évacuées dans le décanteur, renfermaient en moyenne 59 pour 100 d'eau : on en a recueilli environ 52 mètres cubes, soit 5^{l},12 par mètre cube d'eau, renfermant 1 pour 100 de graisses et 0,5 pour 100 d'azote total ; on voit donc d'une façon générale que l'appareil Kremer a donné des résultats très satisfaisants.

Résultats fournis par le distributeur Fiddian. — Le distributeur *Fiddian* a parfaitement fonctionné pendant les dix-huit mois de l'expérience. Le vent n'a eu aucune influence nuisible sur la marche de l'appareil quand on l'alimente avec une quantité d'eau suffisante (60 mètres cubes en 10 heures). Les chutes de neige, quand elles sont fortes, arrêtent la rotation de l'appareil. L'appareil Fiddian n'a dû être nettoyé qu'une seule fois pendant ces dix-huit mois de fonctionnement, et ce nettoyage n'a duré qu'une demi-heure.

Résultats fournis par les lits percolateurs. — Les matériaux qui ont donné les meilleurs résultats pour l'épuration ont été les morceaux de briques et le charbon de terre en morceaux de la grosseur d'une noix, On n'a constaté aucun colmatage avec ces fins matériaux, après dix-huit mois de fonctionnement. Le charbon de terre en morceaux de la grosseur du poing a également donné de bons résultats ; les autres matériaux, briques entières ou cassées en deux, charbon de terre en gros morceaux, n'ont pas toujours donné des résultats satisfaisants. Il est à remarquer que, pendant la nuit, lorsque le travail était arrêté, on a pu constater un abais-

sement sensible de température, même pendant les grands froids, à l'intérieur des lits constitués par des gros matériaux ; la température des lits formés de matériaux fins s'est, au contraire, souvent élevée, pendant la nuit, de 1 degré à 1 degré et demi.

Le tableau suivant donne une idée des résultats obtenus avec les divers matériaux :

		Diminution °/₀ du permanganate absorbé.	Proportion centésimale d'azote enlevé	
			ammoniacal.	organique.
Charbon de terre en morceaux gros comme des noix	été. .	57,6	56,6	75,0
	hiver	58,2	25,3	62,5
Charbon de terre en morceaux gros comme le poing	été. .	51,2	28,3	62,5
	hiver	49,8	2,9	45,7
Charbon de terre en morceaux gros comme la tête d'un enfant	été. .	42,7	20	56,2
	hiver	42,6	0	50,0
Briques entières.	été. .	41,6	25	56,2
	hiver	38,1	0	41,6
Briques cassées en deux . . .	été. .	44,4	30	56,2
	hiver	44,0	0	50,0
Briques en morceaux gros comme des noix.	été. .	56,5	71,6	68,7
	hiver	62,3	59,7	79,1

On a cherché à déterminer, en outre, la quantité de boues entraînées par les effluents des divers lits percolateurs ; cette quantité a varié de 3 cm³,2 par litre pour les gros matériaux, à 5 centimètres cubes par litre pour les matériaux fins.

XVII. — PROCÉDÉ GRIMM POUR LA SÉPARATION RAPIDE DES MATIÈRES EN SUSPENSION DANS LES EAUX D'ÉGOUT

(D'après LUBBERT. — Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 5, p. 80.)

Ce procédé est basé sur ce fait que la forme en entonnoir favorise beaucoup la rapidité du dépôt des matières en suspension. La fosse de décantation de *Grimm* est constituée par une fosse dont le fond est formé par de nombreux entonnoirs placés les uns à côté des autres. Ces entonnoirs sont en tôle émaillée et à angle de 45°; ils sont carrés et ont un mètre de côté. Ils portent au fond un orifice en communication avec un tuyau pour l'évacuation des boues. Tous les tuyaux provenant ainsi des divers entonnoirs se réunissent en une canalisation des boues. La vidange se fait au moyen d'un pont roulant qui peut venir se placer au-dessus de chaque entonnoir; on fait agir l'air comprimé à la surface du liquide : la boue se trouve ainsi évacuée, et, grâce à un dispositif particulier, elle s'écoule entièrement, à l'état concentré, sans

qu'il y ait entraînement d'eau. On ne connaît pas encore les résultats pratiques fournis par ce système.

XVII *bis*. — LES DISPOSITIFS DE RÉCOLTE DES BOUES SOUS L'EAU ET LE PROCÉDÉ GRIMM

Le procédé *Grimm* a été soumis récemment à la critique de certains auteurs, tels que *Mierisch* (Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 22, p. 566) et *Lubbert* (*Id.*, p. 568, voir ci-dessus).

Mierisch doute d'abord de la possibilité d'appliquer le système aux installations de clarification déjà construites, à cause de la réduction de la section d'écoulement et de l'augmentation de la vitesse de l'eau dans les bassins.

Les systèmes proposés pour la récolte des boues sous l'eau, sans interrompre le fonctionnement des bassins, peuvent se diviser en trois groupes : ceux qui comportent une aspiration des boues, ceux qui comportent une évacuation par compression, et enfin ceux qui comportent une évacuation par gravitation dans des dispositifs situés au-dessous (à ce dernier groupe appartient aussi le système *Grimm*).

Les essais qui ont été faits avec les méthodes qui comportent une aspiration des boues par des pompes ou par le vide ont démontré que, quelques secondes après le début de l'aspiration, il se forme dans la boue un entonnoir dont l'orifice est constitué par le trou d'aspiration, et par lequel l'eau trouble s'engouffre, tandis que la boue reste sur les côtés, et n'est entraînée que peu à peu. On obtient donc par ces méthodes une boue très aqueuse (98 d'eau pour 100 au moins). Il faut, pour obtenir un meilleur résultat, arrêter le fonctionnement du bassin, pomper l'eau qui surnage et aspirer les boues seulement après cette décantation. On a cherché, pour éviter cet inconvénient, à prolonger le tuyau, à l'orifice d'aspiration, en forme d'entonnoir jusque dans le bassin de décantation, mais le même phénomène se produit encore, aussi bien avec la compression qu'avec l'aspiration, et la boue évacuée renferme toujours au moins 96 pour 100 d'eau.

Pour ces raisons, *Mierisch* ne croit pas beaucoup à la possibilité d'obtenir des boues concentrées au moyen de la récolte sous l'eau.

Au sujet du procédé *Grimm*, *Mierisch* ne pense pas que la boue soit à la même hauteur dans tous les tubes de décantation, car le mouvement de l'eau est trop irrégulier dans les bassins. Les boues doivent donc se déposer irrégulièrement dans les divers décanteurs, et, comme plusieurs d'entre eux se trouvent réunis à une canalisation unique, on doit évacuer de l'eau trouble avec certains décanteurs, s'ils ne sont pas tous également remplis. En outre,

l'évacuation de l'air après la vidange des boues ne peut que gêner le dépôt. Enfin les tubes peuvent rester pleins d'eau, ce qui rend encore les boues évacuées plus aqueuses.

Lubbert, de son côté, s'est livré à des expériences sur l'influence de la courbure et de l'inclinaison des tubes de vidange sur l'état des boues, et il a constaté qu'il y avait, pour chaque nature de boues, une courbure, la plus favorable. Il fait remarquer, en outre, que, s'il s'écoule un temps trop long pour le remplissage des décanteurs, la boue peut entrer en fermentation, surtout en été; il faut donc avoir soin de ne pas construire les décanteurs trop grands, afin de pouvoir les vider avant que les fermentations ne s'y établissent.

Grimm (Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 35, p. 591) répond aux objections de *Mierisch* et de *Lubbert*. D'après *Grimm*, il peut y avoir, dans certains cas, augmentation de la vitesse de l'eau dans les bassins, quand on applique le système aux installations déjà existantes, mais dans des limites restreintes. En outre, dans les installations faites par le système Grimm, il se produit beaucoup moins de courants, de remous, de points stagnants, que dans les autres dispositifs. En réalité, la vitesse de l'eau, après l'installation, peut être souvent inférieure, ou au plus égale, à la vitesse de l'eau avant l'installation.

Pour ce qui concerne la dilution des boues par l'eau restée dans la canalisation de vidange, *Grimm* fait remarquer que, dans les cas les plus défavorables, les boues des décanteurs Grimm sont encore plus pauvres en eau que les boues qui proviennent de tous les autres dispositifs. Quant à la répartition des boues dans les décanteurs, répartition que *Mierisch* juge irrégulière, elle n'a pas, d'après *Grimm*, une importance aussi grande qu'on le croit. Si les tuyaux verticaux placés suivant une même section transversale de l'installation ne se remplissent pas tout à fait également, les différences sont trop faibles pour entraîner des conséquences pratiques sensibles. Quant aux tuyaux, placés suivant une section longitudinale de l'installation, leur remplissage est inégal. Pour éviter cet inconvénient, il suffit de diminuer peu à peu le diamètre des tubes ou de réduire leur longueur.

XVIII. — L'INSTALLATION D'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX DE LA VILLE D'UNNA

(D'après C. Modersohn. — Gesundheits Ingenieur, 1909, n° 4.)

La canalisation d'égouts de la ville d'*Unna* est construite d'après le système séparatif et elle reçoit les eaux d'égout d'environ 11 000 habitants auxquelles viennent se joindre les eaux résiduaires

industrielles venant de deux grandes brasseries, de l'abattoir et d'une grande meunerie. Le volume total de ces eaux, très contaminées, oscille entre 1000 et 1200 mètres cubes par jour. Leur épuration s'effectue de la façon suivante :

Les eaux arrivent d'abord dans une fosse à sable en forme d'entonnoir. On peut ainsi enlever aisément, à l'aide d'une petite pompe, les dépôts qui s'y accumulent. Ces dépôts extraits sont placés sur un petit lit bactérien percolateur système Dunbar, de 55 mètres carrés de surface et de 50 centimètres de hauteur, qui sert à en drainer la partie liquide que l'on joint ensuite à l'effluent des fosses septiques. Les dimensions de la fosse à sable sont de 5 m. 40 + 5 m. 40.

L'eau qui sort de cette fosse est envoyée par deux tuyaux dans les deux fosses septiques. Leur contenance, qui était au début de 500 mètres cubes, a été portée en 1905 à plus de 1200 mètres cubes par la construction d'une troisième fosse. Les fosses sont vidées une fois par an, en hiver. Les boues liquides sont évacuées sur un lit à percolation spécial, et sont ensuite vendues à l'agriculture à 1 mk. 50 la voiture.

L'eau qui sort des fosses septiques se rend alors aux lits percolateurs, système *Dunbar*. Ces lits sont au nombre de onze; neuf ont 6 mètres de largeur, 28 mètres de longueur et 1 m. 60 à 1 m. 95 de hauteur; deux ont 9 mètres de largeur, 28 mètres de longueur et 1 m. 40 de hauteur. Les matériaux employés sont les scories; l'eau arrive par une rigole en fer qui se ramifie sur chacun des lits. La distribution à la surface du lit se fait au moyen de simples rigoles de bois. L'eau qui s'écoule des lits bactériens passe dans un bac de décantation, où elle séjourne environ une heure pour y abandonner les particules floconneuses qui ont été entraînées hors des lits, puis elle se rend au canal.

Le personnel comprend un gardien et un aide. Huit lits percolateurs sont ordinairement en fonctionnement pendant le jour et deux pendant la nuit. Chaque lit a ainsi toutes les semaines un repos de trente-six heures, et en outre un repos de jour ou de nuit. La couche superficielle de chaque lit est grattée chaque semaine à environ 15 centimètres de profondeur; elle reste quelques heures en aération, puis elle est égalisée de nouveau au râteau. Les fines particules qui se rassemblent tout à fait à la surface de cette couche sont enlevées, et de temps en temps on renforce un peu la couche filtrante pour la maintenir toujours à la même épaisseur. Le fonctionnement des appareils pendant l'hiver n'a pas laissé à désirer en ayant soin de couvrir les rigoles, l'eau arrivait encore à + 10° par un froid de — 12°.

Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants au point de vue de l'épuration; l'oxydabilité diminue dans des proportions considérables, qui oscillent entre 50 et 97 pour 100, soit 75 pour 100 en moyenne. Les nitrates sont très abondants; la diminution de

l'azote organique varie de 70 à 95 pour 100; celle de l'azote ammoniacal dans les mêmes proportions; celle du carbone organique de 70 à 85 pour 100. L'eau qui sort des lits percolateurs n'est plus putrescible. Depuis cinq ans, les résultats se sont maintenus favorables sans qu'on ait pu constater une diminution dans le degré d'épuration des eaux.

La construction des dispositifs d'épuration a coûté 62 000 marks, soit 5^{mk},65 par tête, ou 56^{mk},5 par mètre cube d'eau d'égout à traiter par jour. L'exploitation et l'entretien reviennent à 2400 marks par an, soit 0^{mk},22 par tête, en tenant compte des recettes provenant de la vente des boues. Les frais d'exploitation, augmentés de 5 pour 100 d'intérêt et d'amortissement des frais d'installation, ne s'élèvent donc qu'à 5500 marks, soit 1^{pf},5 par mètre cube d'eau d'égout ou 0^{mk},50 par tête et par an. Ce chiffre est intéressant à comparer au chiffre correspondant d'autres villes allemandes dont voici les dépenses par mètre cube d'eau d'égout, y compris 5 pour 100 d'intérêt et d'amortissement :

Brieg.	1^{pf},5	Brockau.	11^{pf},9
Homberg.	3^{pf},	Langensalza.	2^{pf},7
Merseburg	1^{pf},6	Mulhein	0^{pf},9
Stargard	2^{pf},5	Wilhelmsburg.	25^{pf},0

RÈGLEMENT POUR LE RACCORDEMENT DES ÉGOUTS A UNNA (WESTPHALIE)

1° Les propriétaires d'immeubles auront le droit d'utiliser les égouts publics dans les conditions indiquées par les règlements de police et de construction des 28 août 1896, 8 janvier 1897 et 15 mai 1900.

2° Les raccordements, soit dans les rues, soit sur les propriétés privées, à condition qu'ils soient pourvus d'une chambre de visite, seront considérés comme faisant partie des égouts publics et seront établis par les autorités locales.

3° Du jour où de tels raccordements, s'ils sont situés dans une voie publique, sont employés, ils font partie du système d'égouts, et il n'est pas nécessaire pour l'autorité locale d'en prendre spécialement la responsabilité.

4° Tout propriétaire de maison d'habitation ou d'usine qui déverse des eaux polluées dans les égouts, soit directement, soit indirectement, que ces eaux soient polluées par les eaux ménagères ou par des eaux résiduaires industrielles, contribuera à la construction, à l'entretien et au nettoyage de ces égouts, et aux frais d'épuration de ces eaux, par le paiement de taxes comme il est dit ci-après.

5° Les contributions pour la partie supérieure de la ville qui est

déjà pourvue d'égouts et d'une installation d'épuration des eaux d'égout seront :

A. Pour les eaux résiduaires industrielles, y compris celles des boucheries :

a) Brasseries : 4 pour 100 de la taxe de brassage de l'année précédente ;

b) Autres industries, par mètre cube journalier déversé en moyenne :

I. — Si les eaux sont très polluées : 15 marks par an.

II. — Si les eaux sont propres ou seulement légèrement polluées : 10 marks par an.

On considère comme très polluée une eau résiduaire qui abandonne un dépôt appréciable après un repos d'un quart d'heure, ou si elle ne paraît pas transparente quand elle est placée dans un récipient en verre incolore de 5 centimètres de diamètre et dont les parois n'ont pas plus de 1 millimètre d'épaisseur.

Toutes les autres eaux résiduaires sont regardées comme propres ou seulement légèrement polluées.

La contribution pour les eaux résiduaires très polluées sera, au minimum, de 15 marks, et, pour les eaux propres ou peu polluées, de 10 marks, et augmentera par 5 marks, jusqu'au maximum de 5000 marks.

B. — Pour les eaux domestiques la contribution sera calculée, suivant la valeur de la taxe de propriété : Si la taxe n'excède pas 6 marks, elle sera 6 marks.

Pour les taxes de	6 à 10	marks	contribution	de 10	marks.
—	10 à 15	—	—	15	—
—	15 à 20	—	—	20	—
—	20 à 30	—	—	24	—
—	30 à 40	—	—	27	—
—	40 à 50	—	—	31	—
—	50 à 60	—	—	35	—
—	60 à 70	—	—	42	—
—	70 et au-dessus		—	50	—

Dans le cas d'hôtels et institutions similaires, la contribution sera de 50 pour 100 au-dessus du tarif ci-dessus.

Dans le cas de propriétés dans lesquelles une salle sert pour banquets, etc., la contribution sera de 25 pour 100 au-dessus du tarif ci-dessus.

Pour les propriétés habitées par plus de quatre familles ou plus de vingt-cinq personnes, il y aura une contribution supplémentaire de 4 marks par famille pour chaque famille au-dessus de quatre.

Si les maisons servent à l'industrie et pour l'habitation, les contributions seront payées suivant les deux sections A et B.

C. — Pour les établissements qui sont compris dans le para-

graphe B, mais qui ne sont pas soumis à la taxe de propriété, les contributions suivantes seront payées :

1° Les 3 maisons du clergé évangélique, chacune . .	24	marks.
2° Le presbytère et l'aumônerie catholique, chacun .	24	—
3° L'école évangélique Schalstrasse	35	—
4° L'école évangélique Nordring, l'école catholique Kleine Bahnhofstrasse et l'école secondaire. . .	31	—
5° L'école secondaire pour filles	27	—
6° Le Palais de Justice.	42	—
7° L'Hôtel de Ville	42	—

Pour les parties de la ville, pour lesquelles le traitement complet des eaux d'égout n'a pas encore été établi, les contributions seront, dans tous les cas, la moitié de celles énumérées plus haut.

Dans le cas où il est temporairement impossible d'utiliser les égouts, l'autorité locale ne sera pas tenue de payer une indemnité pour le dommage que cette situation peut causer.

6° Les contributions fixées dans le paragraphe 5 seront perçues comme un impôt dû à l'autorité locale; il sera payé tous les six mois dans les caisses de l'autorité locale.

7° Les contribuables auront un droit d'appel contre l'une ou l'autre des méthodes d'établissement de la charge, ou contre le montant de cette charge, par-devant les tribunaux de première instance, dans les quatre semaines de la réception de l'avis, et appel contre la décision des magistrats pourra être fait devant la Cour qui juge ces affaires, dans les deux semaines après cette décision.

La notification de l'appel ne dispensera pas temporairement du paiement.

8° La somme totale des contributions n'excédera pas, chaque année, la dette qui a été contractée par l'autorité locale dans cette année, pour l'intérêt et l'amortissement du capital d'établissement des égouts, aussi bien que pour leur entretien, pour l'entretien de l'installation d'épuration, et pour le curage des égouts et canaux. Si les recettes sont supérieures, les différentes contributions seront réduites proportionnellement.

9° Les détails de construction des égouts sous les propriétés publiques ou privées seront réglés par un arrêté spécial de police.

10° Ce règlement entre en vigueur à partir du jour de sa publication.

XIX. — L'EMPLOI DES ARGILES DES FOSSÉS DE FRAUESTADT POUR L'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES FABRIQUES DE PARAFFINE

Il existe, en très grandes quantités, dans les fossés qui avoisinent la ville de *Frauestadt*, une argile particulière qui a été utilisée avec succès pour l'épuration des eaux acides provenant des fabriques de paraffine. Cette argile existe sous deux formes : une forme bleue et une forme de couleurs variées. D'après *P. Rohland*, la composition chimique de la dernière forme est la suivante :

Eau	2,77
Matières organiques	5,88
Silice	57,45
Acide titanique	1,05
Acide sulfurique	1,55
Acide carbonique	0,44
Argile	18,41
Oxyde de fer	8,21
Oxyde de manganèse	0,08
Chaux	1,46
Magnésie	1,52
Potasse	0,74
Soude	0,40

Des essais ont été entrepris à la station de contrôle agronomique de *Halle sur Salle* par *L. Buhring*, dans le but d'utiliser cette terre pour la purification des eaux acides provenant des *fabriques de paraffine*. Ces eaux, très riches en sels inorganiques, contenaient en outre 176 milligrammes d'acide sulfurique libre par litre, ce qui les rendait très nuisibles pour les oies et les canards qui se trouvaient dans les fossés et les étangs où s'écoulaient ces eaux. En traitant ces eaux par 2 pour 100 des argiles signalées plus haut, la teneur en acide sulfurique libre est tombée à $22^{mgr},4$ et $22^{mgr},8$ par litre après une demi-heure de contact, et les eaux se sont clarifiées d'une façon définitive.

D'après *P. Rohland*, ces argiles de *Frauestadt* auraient la propriété de fixer en outre très énergiquement les colloïdes et pourraient être employées par suite pour l'épuration des eaux résiduaires de *tanneries*, d'*amidonneries*, de *brasseries*, de *distilleries*, de *fabriques de matières colorantes*, de *sucreries*, etc., qui sont très riches en matières colloïdales.

Une société (Gruben-felder Erwerbs Gesellschaft, à *Frauestadt* et à *Halle*) a entrepris l'exploitation de ces argiles dans ce but.

XX. — L'INSTALLATION D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE LA VILLE DE FRANCFORT

(D'après H. Uhlfelder et J. Tillmanns. — Mitteilungen aus der Kgl. Prufungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zu Berlin. Heft 10. Berlin, 1908, p. 211-252.)

L'installation de Francfort est devenue peu à peu une installation de simple décantation naturelle, les essais effectués sur la précipitation chimique ayant montré que ce traitement ne présente aucun avantage.

Pour étudier la marche des dispositifs de décantation, les auteurs se sont livrés à de très nombreuses analyses. Ils ont trouvé que les particules grossières en suspension sont constituées de matières organiques et minérales dans la proportion de deux contre un. Elles sont retenues en grande partie dans les fosses à sable. L'eau, à l'arrivée, renferme 411 milligrammes de matières en suspension, ce qui est un chiffre très faible ; les matières solubles sont constituées par 72 pour 100 de matières minérales et 28 pour 100 de matières organiques.

Pour ce qui concerne l'action clarifiante des bassins, les auteurs ont constaté qu'avec une vitesse de clarification de 5 millimètres on n'obtient pas de meilleurs résultats pratiques qu'avec une vitesse de 10 millimètres. Au contraire, avec la vitesse de 10 millimètres, on a obtenu des boues plus concentrées, plus faciles à traiter, et on réduit au minimum la fermentation de ces boues. Les auteurs ont constaté en outre que, pendant la clarification, les matières organiques *dissoutes* diminuent de 7 pour 100 (sans doute par suite d'actions microbiennes). La clarification enlève 90,1 pour 100 des matières totales en suspension dans l'eau et 91,5 pour 100 des matières organiques en suspension. Des essais effectués sur l'eau du Mein après évacuation des eaux décantées ont montré que la dilution est telle qu'aucune putréfaction ne peut se manifester. En diluant l'eau décantée avec seulement cinq fois son volume d'eau du Mein, on n'observe plus d'altération et, pratiquement, la dilution réalisée lors de la vidange des eaux décantées dans le Mein est toujours au moins de 1 partie d'eau décantée pour 128 parties d'eau de fleuve.

Les auteurs résument leurs conclusions de la façon suivante :

1° L'eau des canaux de Francfort est relativement peu polluée ; elle renferme seulement 1152 milligrammes de résidu sec (449^{mgr} de matières organiques et 803^{mgr} de matières inorganiques), sur lesquelles on trouve 411 milligrammes en suspension (241^{mgr} de nature organique et 170^{mgr} de nature minérale) ;

2° Cette eau est épurée dans les dispositifs de la ville où elle abandonne 80 pour 100 de ses matières en suspension ;

3° La clarification dans six bassins donne sensiblement le même résultat que la clarification dans 8, 10 ou 12 bassins ; une vitesse de clarification de 10 millimètres à la seconde suffit pour les eaux de Francfort ;

4° La puissance de l'installation a plus que doublé à la suite de la reconstruction ;

5° L'eau clarifiée, dans les cas les plus favorables, renferme en moyenne 99 milligrammes de matières en suspension (dont 63^{mgr} de matières organiques). L'eau clarifiée pendant 24 heures renferme 90 milligrammes de matières en suspension (dont 56 de matières organiques) ;

6° Plus de la moitié de ces substances est inséparable par décantation. Il reste au maximum 49 milligrammes de matières précipitables (dont 26^{mgr} de matières organiques) ;

7° Ces matières encore précipitables sont extraordinairement fines et légères ; elles ne peuvent par suite se déposer dans le Mein qu'en partie et seulement aux endroits où il n'y a que peu ou pas de courant. Or, le Mein a encore une vitesse d'au moins 120 millimètres à la seconde, c'est-à-dire 12 fois la vitesse de l'eau dans les bassins de décantation, déjà trop forte pour que ces matières se déposent ;

8° Les eaux clarifiées se trouvent diluées dans le fleuve en moyenne 302 fois et au moins 128 fois. La contamination du Mein par les matières organiques en suspension s'élève donc seulement de 0^{mgr},1 par litre, quand les eaux sont de hauteur moyenne, et de 0^{mgr},4 quand les eaux sont basses. Le rapport de contamination n'est changé aussi que de 1 : 142 857 à 1 : 135 270. Les matières organiques en solution sont diluées plus de 2 000 000 de fois, même quand les eaux sont basses. Elles sont par suite rapidement oxydées et détruites dans le fleuve ;

9° Les eaux décantées ne se putréfient plus dès qu'elles sont mélangées avec 5 fois leur volume d'eau du Mein. Avec une dilution au 1/20, on ne constate plus de formation appréciable d'hydrogène sulfuré ;

10° La teneur en oxygène de l'eau du Mein, assez élevée par elle-même, est à peine modifiée par l'arrivée des eaux décantées de la ville de Francfort.

XXI. — ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE PAPETERIE

(D'après Sjollema. — Chemisch Weekblad, n° 5, 6. Ig 19 Déc. 1908, et Wasser und Abwasser, 1909, n° 8, p. 395.)

L'auteur propose, pour l'épuration de ces eaux résiduaires, l'addition de superphosphates, de manière à former un précipité colloïdal de phosphate tricalcique avec la chaux que ces eaux contiennent, précipité qui englobe toutes les matières en suspension. On élimine ainsi un tiers des matières organiques, et le liquide filtré peut être ensuite traité soit par l'épandage, soit par les méthodes biologiques. Quant au précipité, il possède une valeur appréciable comme engrais.

Les résultats obtenus par l'auteur ont provoqué une discussion à laquelle ont pris part *Wigersma* (Chem. Weekblad, n° 2, 6 Ig.) et *Roest*. *Wigersma* a fait remarquer l'importance que présente cette question. Il y a dans la province de *Gronigen* sept cartonneries qui évacuent ensemble, chaque semaine, 1 million de kilogrammes de matières organiques avec leurs eaux résiduaires. Toutefois, d'après *Wigersma*, le côté financier ne se présente pas sous un jour très favorable : il faut, en effet, 2500 kilogrammes de superphosphate par 1000 mètres cubes d'eau, et on obtient un précipité de 4500 kilogrammes. Il faut, en outre, des bassins de décantation, des presses, et on n'obtient qu'un engrais de valeur égale à celui qu'on a utilisé pour la précipitation. *Wigersma* propose, pour réduire les frais, de lessiver par diffusion la substance dans les appareils où la paille est chauffée avec le lait de chaux, afin d'avoir une eau résiduaire plus concentrée.

Roest trouve également trop coûteuse la méthode de *Sjollema*. Il propose un procédé utilisé à la cartonnerie de *Leeuwarden*, et basé sur l'emploi de l'argile comme agent de clarification. Avec une dose de 1,5 pour 100 d'argile, les matières en suspension sont très rapidement précipitées, et on obtient un résidu très ferme qui possède une grande valeur comme engrais.

XXII. — ÉPURATION DES EAUX DE FÉCULERIE PAR LES PROCÉDÉS BIOLOGIQUES

(D'après Zahn. — Mitteil. d. k. Prufungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseit. 1908, H. 10, 54, p. 13.)

L'auteur a fait des essais sur les eaux de lavages de la fécule d'une féculerie travaillant par jour 500 quintaux de pommes de

terre. Les eaux passaient d'abord dans deux bassins successifs de décantation, contenant respectivement 500 et 50 mètres cubes. L'eau qui sortait de ces bassins avait une réaction acide, et n'était pas en putréfaction. On a essayé la méthode par simple ou double contact, avec des lits de scories ou de sable. Les scories grossières n'ont produit qu'une épuration de 21 pour 100 ; les scories fines ont donné de meilleurs résultats ; l'épuration a atteint 55 à 59 pour 100, mais l'eau était encore putrescible. L'effet épurant a été bien supérieur dans les lits de sable : la diminution de l'oxydabilité a atteint 82,5 pour 100 en faisant suivre le traitement sur les lits de scories d'un traitement sur un lit de sable. L'eau obtenue après épuration n'était pas putrescible.

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

XXIII. — REPORT OF AN INVESTIGATION OF WATER AND SEWAGE PURIFICATION PLANTS IN OHIO, 1906-1907

888 pages, figures et plans d'installation. — Columbus (Ohio), 1908.

Depuis 1893, le Conseil d'hygiène de l'*État d'Ohio* (*Ohio State Board of Health*) doit donner son avis sur les projets d'installations ou modifications de ces installations soumis par les municipalités pour la purification des eaux potables et l'épuration des eaux d'égout.

En 1897, le Conseil commença une étude systématique des conditions sanitaires des cours d'eau de l'État d'Ohio et publia dans cinq rapports annuels les résultats de ses enquêtes.

La question de la purification des eaux de boisson est très importante dans cet Etat. Les eaux souterraines pures ne peuvent pas être obtenues en bien des villes, et même, dans celles qui sont les plus favorisées, la quantité qu'elles peuvent se procurer est insuffisante pour une grande agglomération. Aussi les villes doivent-elles puiser dans les lacs ou les cours d'eau. Actuellement 70 pour 100 de la population desservie par une distribution publique consomme des eaux de surface, et, avec le rapide accroissement des villes, la plupart de celles qui emploient les eaux souterraines devront recourir aux eaux des fleuves.

La conclusion des rapports mentionnés plus haut est qu'il n'existe aucun fleuve ou rivière dans l'Ohio dont les eaux soient assez pures et suffisamment garanties contre la contamination pour être employées en distribution d'eau potable. Une eau peut être claire, limpide et inodore et pourtant dangereusement polluée. On ignore jusqu'à quel point les déversements d'eaux d'égout peuvent contaminer un fleuve. Ainsi, on a montré que les eaux d'égout de *Chicago* créaient une pollution encore sensible à *Saint-Louis*.

Bien des projets approuvés par le Conseil ont dû être profondément modifiés pendant la construction des installations et souvent au détriment des résultats obtenus. Aussi, au début de 1906, une

loi fut-elle votée, par laquelle le Conseil d'hygiène devait visiter toutes les installations existantes et devait consigner, avant le 1er mars 1908, dans un rapport, toutes ses observations sur les méthodes employées et leur efficacité. Il était prévu pour ce travail une dépense de 37 500 francs. Le rapport qui vient d'être publié comprend deux parties.

Eaux potables. — Dans la première, M. *Philip Burgers* examine les installations de purification des eaux de distribution et donne les conclusions suivantes :

Pour que la purification soit obtenue, il faut trois conditions : connaître l'eau à purifier, établir une installation appropriée et obtenir un fonctionnement efficace. Il est nécessaire qu'une autorité centrale, en l'espèce, le Conseil d'hygiène, ait le contrôle permanent de ces installations, pour assurer leur bon fonctionnement, car les projets les mieux conçus peuvent ne pas permettre d'obtenir une eau potable, et donnent au consommateur une fausse sécurité.

Il y a une relation très étroite entre la pollution des cours d'eau et la purification de ces eaux. Le degré de purification microbienne qui peut être pratiquement obtenu pour une eau est limité, et il est nécessaire d'éliminer autant que possible toute cause de pollution, même si l'eau doit être purifiée avant d'être distribuée. Un des résultats de l'enquête a été d'obtenir une cordiale coopération des directeurs des services des eaux qui ont généralement souhaité avoir des renseignements sur les résultats qu'ils obtenaient et aussi des conseils pour les améliorer.

On emploie dans l'Ohio trois méthodes de purification : la filtration naturelle, la filtration sur sable et la filtration mécanique.

La *filtration naturelle*, lorsqu'elle est efficace et bien contrôlée, est le procédé dont les frais d'installation sont comparativement le moins élevés. Ses frais de fonctionnement restent les mêmes que si l'eau était distribuée sans purification. L'eau peut être recueillie et accumulée dans des galeries filtrantes et coule par gravitation dans un puits d'où elle est pompée. Elle peut être aussi recueillie dans des puits filtrants. Ce procédé peut donner de bons résultats pour une petite ville, mais, dans les grandes agglomérations, il ne peut être adopté à cause de la difficulté de contrôle et de l'impossibilité d'être fixé d'avance sur la qualité et la quantité des eaux qu'on peut ainsi obtenir.

Il n'y a pas dans l'Ohio d'eaux suffisamment limpides pour pouvoir être purifiées sur *filtres à sable* sans traitement préalable.

Le procédé généralement en usage est la *filtration mécanique*. L'eau est d'abord traitée par un coagulant, l'alun ou le sulfate ferreux et la chaux, décantée, puis filtrée. L'alun donne une eau mieux décolorée et plus limpide; quoique plus coûteux il sera préféré pour les petites villes. Le sulfate ferreux et la chaux demandent plus de soins dans leur emploi, mais ils sont peut-être plus écono-

miques pour les grandes installations. Les filtres sont du système rapide, dit américain, avec dispositif pour le lavage intermittent de la surface filtrante.

Le prix du traitement varie de 4 fr. 95 à 15 fr. 54 pour 1000 mètres cubes.

Certaines villes comme *Colombus* construisent des installations pour adoucir l'eau par traitement par la chaux avant la filtration.

Quant aux résultats obtenus dans ces diverses installations, ils sont des plus variables. Dans certaines, l'eau brute contenait 40 000 germes par centimètre cube et l'eau filtrée en renfermait moins de 100 par centimètre cube; le *B. coli* était complètement éliminé. Dans d'autres, au contraire, bien que l'eau de rivière ne contînt que 5200 germes, on en retrouvait dans l'eau filtrée 210 par centimètre cube, parmi lesquels le *B. coli*. Tous les cas intermédiaires se sont présentés.

Eaux d'égout. — M. *Elliott Kimberley* décrit avec grands détails toutes les installations existant en 1907.

Les méthodes de traitement sont très diverses :

a. Précipitation chimique seule;

b. Irrigation sur le sol ou sur les filtres du sable artificiels sans traitement préalable;

c. Irrigation sur le sol ou sur les filtres de sable artificiels après traitement préliminaire dans les bassins de décantation ou les fosses septiques;

d. Lits bactériens de contact avec traitement préliminaire dans les bassins de décantation et les fosses septiques;

e. Filtres continus avec traitement préliminaire dans les bassins de décantation ou les fosses septiques.

Le développement de ces installations est très rapide : en 1905, il n'y en avait que 24, tandis que, en 1907, 58 fonctionnaient, 8 étaient en construction et plus de 50 en projet. En 1907 les installations existantes traitaient les eaux d'égout provenant de 270 000 habitants, soit 12 pour 100 de la population urbaine et 7 pour 100 de la population totale de l'État d'Ohio.

L'épuration des eaux d'égout a été décidée pour des raisons diverses : prévention de nuisances locales, plaintes de propriétaires riverains des cours d'eau en aval du rejet des eaux d'égout, protection des eaux de distribution publique ou des laiteries.

Dans un grand nombre de villes, les égouts sont du système séparatif et ceci est très important, car, lorsqu'on doit en épurer les eaux, il y a lieu d'en exclure celles du sous-sol et de la surface, surtout lorsque la distribution des eaux sur les appareils d'épuration est automatique ou lorsqu'il est nécessaire de relever celles-ci avec des pompes. Il est donc indispensable de drainer le sol au-dessous des égouts, et d'assurer l'étanchéité des joints des canalisations. Il faut aussi que le sol soit bien préparé pour leur assurer

une fondation solide et que la plus grande attention soit apportée aux raccordements des tuyaux de descente des maisons.

Ce volume varie par temps sec suivant les villes, de 204 à 1589 litres par habitant. Dans les petites installations particulières il a été de 82 à 958 litres par habitant.

Le volume des eaux d'égout est pratiquement toujours augmenté pendant les orages ou pendant les longues périodes de pluies.

Toutes les villes visitées rejetaient simplement des eaux domestiques, une seule admettait dans la canalisation des eaux résiduaires ferrugineuses et acides.

Le premier traitement subi par les eaux d'égout est le passage au travers de grilles. L'usage a montré que pour être durables et faciles à nettoyer, les grilles doivent être formées de barreaux ronds en fer de 6 à 12 millimètres de diamètre et écartés de 12 à 18 millimètres.

La *précipitation chimique* a été appliquée dans deux villes à une époque à laquelle le traitement bactérien était peu connu. Les résultats en sont peu satisfaisants. Par suite de l'accroissement de la population, les bassins de décantation deviennent insuffisants et l'eau traitée contient autant de matières en suspension que si elle était simplement décantée. La chaux y est employée à la dose de 195 milligrammes par litre. De plus les analyses ont montré l'action dissolvante de la chaux sur la matière organique en suspension, d'où il résulte que souvent l'effluent contient une plus forte proportion de matières organiques putrescibles que l'eau brute décantée. La précipitation par la chaux ne donne dans ces villes qu'une grossière clarification et un effluent à odeur mauvaise qui cause une sérieuse nuisance. A côté de ce fait que la précipitation chimique est un simple traitement préliminaire, il faut signaler que les boues produites sont très putrescibles et difficiles à traiter.

A *Oberlin* on emploie la chaux et le sulfate ferreux, mais l'addition irrégulière des réactifs et le manque de dispositifs appropriés pour obtenir leur mélange intime avec les eaux font que si les résultats sont très bons à certains moments, à d'autres ils sont tout à fait inférieurs.

Les *bassins à graviers* (grit chambers) où se déposent les matières minérales lourdes, sont peu utiles avec les égouts à système séparatif, et même ils se montrent plutôt nuisibles, car ils retiennent une grande quantité de matières organiques putrescibles.

Le traitement préliminaire des eaux d'égout en *fosse septique* est le plus employé dans l'Ohio. Les fosses ont une capacité variant de 10 à 4540 mètres cubes. Etablies à l'origine de façon que les eaux y séjournent de 16 à 24 heures, l'accroissement du volume a fait que le temps de passage au travers des fosses est, dans quelques cas, très court; ce temps varie de une demi-heure à 51 heures suivant les installations. Les nouveaux projets sont éta-

blis d'après les expériences de *Columbus*, en prévoyant un séjour de 8 heures. La plupart de ces fosses ne sont pas couvertes, car il est reconnu que la couverture ne procure aucun avantage comme efficacité. Dans quelques cas cependant, on a pu, en recouvrant les fosses, diminuer les odeurs. L'adoption de fosses couvertes ou non ne doit pas être une question de principe, mais dépend de la situation de l'installation et de la composition de l'eau d'égout traitée. Lorsque, pendant leur séjour en fosse septique, les eaux donnent une écume permanente, il y a quelque avantage à couvrir la fosse pour préserver cette écume contre les intempéries et éviter les odeurs, car les matières organiques qui composent cette écume ne pourront pas s'oxyder, étant très souvent immergées par la pluie, la neige et le vent. De toutes façons il est indispensable que les couvertures ou voûtes des fosses septiques soient établies de façon que les fosses soient facilement accessibles et visitables, pour se rendre compte de l'accumulation des boues.

Dans les premières installations, on avait cru utile d'aérer l'effluent des fosses septiques; mais l'expérience a montré que cette précaution était de peu d'importance pour l'épuration finale et que, de plus, dans certains cas, on accroissait les odeurs et qu'en hiver on refroidissait les eaux. Nos connaissances actuelles sur la fonction des fosses septiques, d'après les expériences de *Columbus*, nous font juger que la partie liquide des eaux d'égout n'est pas sensiblement modifiée pendant le passage dans ces fosses dans lesquelles se font le dépôt et l'hydrolyse partielle des boues en suspension.

On a souvent avancé que les fosses septiques devraient être établies de façon à obtenir l'anaérobiose complète, c'est-à-dire l'absence d'oxygène dissous dans les eaux. Cette condition ne semble pas indispensable, car bien des effluents en contiennent encore et il est certain que les microbes qui agissent dans l'hydrolyse de la matière organique ne sont pas exclusivement anaérobies, mais le plus souvent des anaérobies facultatifs.

Les différences constatées dans l'efficacité des fosses septiques dans l'Ohio sont dues à des causes diverses dont la principale est le manque de souplesse, par suite de l'invariabilité de la capacité de ces fosses vis-à-vis de variations très grandes du volume des eaux qu'elles reçoivent. Par les afflux considérables, non seulement les matières en suspension ne se déposent pas, mais les eaux entraînent des matières déjà déposées. Il y a lieu de signaler que l'entrée et la sortie des eaux doivent se faire par déversoirs pour éviter l'obstruction des conduites.

On a reconnu par quelques essais qu'il serait recommandable de soumettre l'effluent des fosses septiques à une deuxième décantation pour en séparer les matières en suspension finement divisées qu'il contient encore.

Dans toutes les installations, l'évacuation des boues n'a causé

aucune difficulté sérieuse : elles ne dégagent que très peu d'odeurs, se sèchent et s'oxydent très rapidement en se transformant en humus noir. Cet enlèvement a été effectué le plus souvent tous les six mois.

L'épuration se fait par passage au travers de filtres composés de matériaux à grains fins ou à grains gros.

Dans la première classe, l'auteur range l'irrigation sur sol naturel avec filtration sur sable ou sur coke fin en cendres. L'inspection des installations visitées a montré d'une façon évidente qu'on ne pouvait obtenir une épuration suffisante que si on tenait compte du principe de l'*intermittence* dans les immersions des filtres. Il est indispensable que les déversements soient séparés par des espaces de temps suffisants ; autrement on a une filtration simple et pas d'épuration, l'effluent est putrescible. Dans ce but les *siphons automatiques* ont donné de très bons résultats. Le plus souvent, la surface du sable devait être labourée et ratissée deux fois par an ; pendant l'été on enlevait à de plus fréquents intervalles les plantes qui s'y étaient développées. Quelquefois le sable a dû être renouvelé en partie ou en totalité. Partout où les déversements étaient intermittents, la porosité était maintenue par l'effet de l'air et du soleil sur les dépôts de la surface. A *Clyde* où les eaux d'égout sont très diluées et très oxygénées, on a obtenu des résultats satisfaisants, même en employant la filtration continue comme pour les eaux potables.

Lorsque les eaux d'égout brutes sont épurées sans traitement préalable, les matières en suspension sont volumineuses et forment une couche à la surface, tandis que les effluents du traitement chimique ou des fosses septiques contiennent des matières gélatineuses qui pénètrent plus ou moins profondément dans le sable. Dans le premier cas, un ratissage suffit pour le nettoyage, dans le second il est nécessaire de renouveler les couches superficielles. Le traitement par le sulfate de cuivre a permis de détruire les végétations d'algues qui causaient le colmatage de la surface du sable.

Deux essais d'*irrigation sous la surface du sol* ont donné de mauvais résultats à cause de la nature des terrains qui ne se prêtait pas à cette opération.

Le taux de filtration par le sable varie dans des proportions considérables depuis 20 litres jusque 1560 litres par mètre carré et par jour. D'une façon générale, le traitement préliminaire permet l'épuration d'un volume double de celui qui est admissible avec l'eau d'égout brute. On peut dire que, sur un hectare de filtres à sable bien construits, on peut traiter les eaux d'égout brutes provenant de 1200 à 1500 habitants. Lorsque les eaux auront subi un traitement préparatoire, la même surface sera suffisante pour 2400 à 3000 habitants.

On a pu cultiver avec succès le blé sur certains filtres, mais

cette pratique n'est pas à encourager : lorsqu'il y a des cultures, l'épuration des eaux est négligée.

D'une façon générale, l'efficacité des filtres à sable dans l'Ohio est satisfaisante. Quelques défectuosités ont été signalées et seront supprimées.

Les filtres de matériaux à grains fins ne sont employés que dans les petites installations. Lorsque celles-ci sont plus importantes, on a construit des filtres de matériaux à gros grains pour obtenir l'épuration par lits de contact ou par lits à percolation.

Dans deux villes, l'effluent des fosses septiques est rendu non putrescible après un simple contact, au taux de 900 litres par mètre carré et par jour (lits de 1 m. 20 de profondeur); les eaux d'égout y sont diluées et très oxygénées. Dans d'autres villes, l'effluent des fosses septiques contenait une telle proportion de matières en suspension qu'il y a eu rapidement perte de capacité des lits. Les matériaux sont constitués par des scories ou des pierres calcaires.

Un filtre continu construit en fragments de grès cassé sur 5 mètres de hauteur donne de bons résultats. L'effluent des fosses septiques y est déversé par des goulottes horizontales, donnant cependant une mauvaise distribution. Des lits de contact formés de coke ont été transformés en lits continus (hauteur 0 m. 90). Dans une autre installation l'effluent du premier lit est traité sur un second lit de 1 m. 80 de hauteur ; malgré cela l'épuration n'était pas aussi bonne qu'elle aurait dû l'être si les appareils distributeurs avaient été surveillés et maintenus en bon fonctionnement.

L'auteur insiste longuement sur la nécessité d'une surveillance active des installations d'épuration d'eaux d'égout. De mauvais résultats sont obtenus souvent par la négligence ou l'ignorance des agents. Il signale aussi que, par suite de l'accroissement rapide des villes américaines, les installations deviennent insuffisantes et on doit toujours prévoir leur augmentation. Les frais de fonctionnement et de nettoyage varient beaucoup. Les appareils automatiques doivent surtout être soigneusement surveillés.

Le prix de l'installation a varié de 5 fr. 10 à 200 francs par habitant. Il est en général d'autant plus élevé que l'installation est plus petite. Les frais de fonctionnement ont été de 0 fr. 50 à 5 fr. 50 par habitant en 1907.

Dans ses conclusions l'auteur appelle l'attention sur l'obligation d'étudier chaque cas particulier, car il n'y a pas de méthode générale pour l'épuration des eaux d'égout. La surveillance et le contrôle des installations doivent être fréquents. Il ajoute qu'il est nécessaire d'éduquer les personnes chargées de la direction de ces travaux et qu'on doit rechercher les moyens d'obtenir l'épuration la plus parfaite possible pour éviter la pollution des cours d'eaux.

M. *Elliott Kimberley* examine enfin les moyens de stériliser les effluents des installations d'épuration d'eaux d'égout. Les résultats de ses expériences montrent qu'on peut obtenir la stérilisation par

le *sulfate de cuivre* et par le *chlorure de chaux.* L'emploi du sulfate de cuivre dépend du degré d'épuration de l'eau et exige une durée d'action plus grande que celle du chlore qui est moins influencée par la présence de matières organiques. A la dose de 15 milligrammes de sulfate de cuivre par litre, le B. coli a été détruit après une action de trois heures, le même résultat a été obtenu avec 4 milligrammes par litre de chlore actif après une heure. Dans ce dernier cas le coût du traitement est moitié moindre qu'avec le sulfate de cuivre. Avec des effluents moins épurés, il faut augmenter beaucoup la dose de sulfate de cuivre et proportionnellement moins celle de chlorure de chaux.

XXIV. — DÉVERSEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DE « PAISSEC VALLEY » DANS LA BAIE DE NEW-YORK

(D'après « The Engineering Record », 10 avril 1909).

Les ingénieurs de la « *Passaic Valley Sewerage Commission* » ont préparé un projet de traitement des eaux des égouts du district, le long de la *Passaic River*, dans le *New-Jersey*, avant leur rejet dans la baie de *New-York*.

A l'extrémité de l'émissaire principal, près de la station des pompes, l'eau d'égout s'écoulera d'abord dans un bassin dans lequel se déposeront les matières les plus lourdes, puis au travers de grilles pour arrêter les matières flottantes plus ou moins volumineuses. Les dernières grilles auront leurs barreaux espacés de 12 millimètres. Puis les eaux entreront dans des bassins de décantation, de largeur suffisante pour que la vitesse moyenne soit de 75 millimètres par seconde, et d'une longueur telle que les matières en suspension puissent se déposer; les matières flottantes seront retenues par des planches placées à la surface de l'eau. Les eaux seront alors envoyées par des pompes en un point de la baie de New-York où on se propose d'en faire la dispersion au moyen d'une série d'orifices à 12 mètres au-dessous du niveau de l'eau en basse marée moyenne.

A l'extrémité de la canalisation de refoulement, l'eau sera répartie en 4 tuyaux de décharge espacés d'environ 30 mètres, posés dans des tranchées sur le fond de la baie, et d'un diamètre décroissant de 1 m. 80 à 0 m. 60; ces tuyaux de décharge seront terminés par un grand nombre de tubes espacés les uns des autres. La surface exigée pour la dispersion par ce système de tuyaux sera approximativement de 1 hectare 1/2 sur le fond.

Les dispositifs proposés permettront de retenir la plus grande

partie des matières en suspension. Les matières organiques en suspension très fine et les matières organiques dissoutes seront minéralisées ou absorbées par les différentes formes de la vie marine.

La dispersion proposée est basée sur le mélange des eaux usées de 1000 habitants avec au moins 150 litres par seconde d'eau courante de la baie, ce qui est amplement suffisant si on compare avec l'expérience du canal de Chicago où la dilution actuelle est seulement de 76 litres par seconde de l'eau du lac Michigan par 1000 personnes, même sans sédimentation ni criblage des eaux d'égout.

L'exécution de ce projet assurera l'absence de matières en suspension flottantes ou se déposant dans la baie de New-York, ainsi que l'absence d'odeurs de putréfaction et de coloration des eaux.

XXV. — DÉVERSEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DANS LE PORT DE BOSTON

(D'après « The Engineering Record », 10 avril 1909).

Les eaux d'égout de la ville de *Boston* sont envoyées dans l'île Moon, devant le port, où elles sont emmagasinées dans des réservoirs d'où elles s'écoulent à la mer pendant la deuxième et la troisième heure de la marée descendante. Par suite de l'accroissement de la ville, on dut d'abord doubler la capacité des bassins, puis envoyer une partie des eaux dans l'île *Peddocks*. Le volume moyen d'eau d'égout envoyé dans cette dernière île est de 152 000 mètres cubes par jour; dans l'île *Moon* il est de 450 000 mètres cubes par jour.

Le *State Board of Health de Massachusetts* a fait une enquête pour déterminer l'importance de la contamination des eaux du port de Boston par le rejet des eaux d'égout à la mer. Les recherches chimiques et bactériologiques ont montré qu'à la marée descendante les eaux du port intérieur sont plus contaminées qu'aux autres environs de l'île Moon, excepté dans le courant étroit des eaux se déversant dans la mer jusqu'à deux milles et demi de l'île. De même pour la marée montante. De nouvelles recherches ont permis de déterminer l'étendue de la contamination et ont montré que l'effet du déversement des eaux à l'île Moon n'est marqué que sur une surface déterminée le long du courant créé par ce déversement dans la mer, et que la partie extérieure de cette surface, dont la plus grande n'excède pas deux milles et demi en longueur et 1/2 à 3/4 de mille en largeur; seulement pendant la marée descendante l'eau est notablement plus polluée que l'eau du port intérieur.

A l'île *Peddocks* où l'eau d'égout se déverse dans la mer par petites quantités et continuellement, quelle que soit la marée, l'effet sur les eaux du port est beaucoup moins marqué que celui du déversement des eaux à l'île Moon.

Le *State Board of Health* conclut qu'il n'y a pas lieu actuellement d'imposer de nouveaux travaux pour prévenir une pollution plus grave des eaux du port de Boston.

TABLE DES MATIÈRES

DOCUMENTS

ALLEMAGNE

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

TABLE DES PLANS ET FIGURES

Pages.

PLANS

FIGURES

65132. — Imprimerie Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

67850. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

CAISSE NATIONALE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

EFFECTUÉES A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET A LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

PAR

LE Dr A. CALMETTE

Membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine

ET

E. ROLANTS

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

Auditeur au Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

E. BOULLANGER

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

F. CONSTANT

Préparateur à l'Institut Pasteur de Lille

SIXIÈME VOLUME

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1911

INTRODUCTION

Nous croyons être utiles aux municipalités, aux hygiénistes, aux ingénieurs sanitaires, aux architectes et aux industriels en poursuivant, cette année comme les précédentes, la publication des résultats de nos recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout, et en résumant à la suite de nos propres travaux ceux qui sont effectués sur le même sujet à l'étranger.

L'accueil fait à nos cinq volumes précédents — dont les trois premiers sont déjà épuisés en librairie — prouve que ces études répondent au but que nous espérions atteindre. Désormais, l'attention des autorités sanitaires est fixée sur cette grande question de l'assainissement des villes et de la protection des cours d'eau contre les souillures préjudiciables à la santé publique. On s'en préoccupe de tous côtés et l'ère des réalisations commence.

Depuis deux ans, 51 projets, dont on trouvera la description dans ce sixième volume, ont été exécutés en France. D'autres sont à l'étude, et nous constatons avec satisfaction que nos efforts, puissamment aidés par les subsides que la Caisse nationale des Recherches scientifiques veut bien nous accorder, portent enfin leurs fruits.

Le lecteur désireux d'étendre ses connaissances sur tout ce qui se rapporte à l'épuration des eaux d'égout soit par les procédés chimiques, soit par les procédés anciens d'épuration

biologique naturelle (irrigation agricole), soit par les nouvelles méthodes d'épuration biologique artificielle, trouvera les éléments d'information dont il a besoin dans le fascicule du *Traité d'hygiène* de Chantemesse et Mosny [1] que l'un de nous a consacré à cette étude. Le présent volume et ceux qui lui succéderont formant la continuation de nos recherches le mettront ensuite au courant des faits nouveaux relatifs à cette branche de l'hygiène dont l'importance s'accroît de jour en jour davantage.

Lille, décembre 1910.

[1] A. CALMETTE, Épuration des eaux d'égout urbaines et industrielles, in *Traité d'hygiène* de Chantemesse et Mosny, vol. XV, J.-B. Baillière, éditeur, 1911.

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

CHAPITRE PREMIER

LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

La station de la Madeleine comprend tous les dispositifs décrits dans nos volumes précédents ainsi que les modifications apportées l'an dernier. Nous croyons utile de les rappeler brièvement.

Les eaux résiduaires d'une partie du faubourg de la Madeleine sont dérivées par un barrage dans l'égout qui se déversait primitivement dans la Deûle ; elles traversent une grille destinée à retenir les corps flottants volumineux, puis un régulateur système Parenty, qui règle l'admission des eaux de manière que celle-ci n'excède pas le volume déterminé pour les expériences. A la sortie du régulateur, les eaux se divisent en deux courants, lesquels traversent d'abord des décanteurs à sables où elles abandonnent les matières lourdes et imputrescibles (sables, graviers, scories, etc.), pour tomber ensuite dans deux fosses septiques, ouvertes à l'air libre, d'une capacité utile de 282 mètres cubes chacune.

Parallèlement à ces fosses se trouve l'ancien bassin collecteur, qui est devenu sans utilité depuis le remplacement des lits de contact par les lits à percolation.

Au sortir des fosses, l'effluent est conduit par un canal perpendiculaire à la direction de celles-ci et, de chaque côté de ce canal, se trouvent les *lits bactériens*. Les lits bactériens à

percolation (côté gauche du plan) alimentés par six réservoirs de chasses avec siphons automatiques type Geneste-Herscher ont été, pour la facilité des expériences que nous désirions poursuivre, partagés par des cloisons en quatre lits indépendants.

Le lit bactérien n° 1 fut d'abord constitué par de la tourbe de la Somme en briquettes telles qu'elles sont fournies au commerce, mélangées à environ un tiers de leur volume de morceaux de pierre calcaire de la grosseur d'un œuf. Les briquettes étant relativement volumineuses laissaient passer le liquide trop rapidement et par suite l'épuration était mauvaise. Aussi, au bout de quelques semaines, avons-nous décidé de les casser en fragments de la même grosseur que les morceaux de calcaire. De plus, pour éviter que les intempéries n'effritent trop rapidement les couches superficielles de la tourbe, nous avons recouvert le lit d'une mince couche de briques cassées.

Le lit bactérien n° 2 est composé de briques cassées en fragments de la grosseur d'un œuf de poule, mélangées aux mêmes pierres calcaires dans la proportion de trois parties de briques pour une de pierres calcaires.

Les lits bactériens n°s 3, 4 et 5, désignés sous le seul n° 3, sont les lits anciens gardés tels provisoirement. Ils sont composés seulement de scories.

Le lit bactérien n° 6 a d'abord été construit avec des briques disposées les unes horizontalement, les autres verticalement, par couches alternatives en quinconces, laissant entre elles des espaces vides rectangulaires dans chacun desquels on a placé des briquettes de tourbe et quelques fragments de calcaire. Il avait $1^m,40$ de hauteur. Les eaux déversées sur le lit filtrant trop rapidement pour être suffisamment épurées, nous avons dû le modifier à deux reprises : la tourbe placée dans les cellules fut concassée en morceaux de la grosseur d'un œuf de poule ; puis, pour obtenir une meilleure répartition, une couche de $0^m,40$ de hauteur du lit fut supprimée et remplacée par des scories privées de poussières.

Les lits bactériens à percolation figurés à la partie droite du plan, alimentés par des bassins de chasses avec siphons

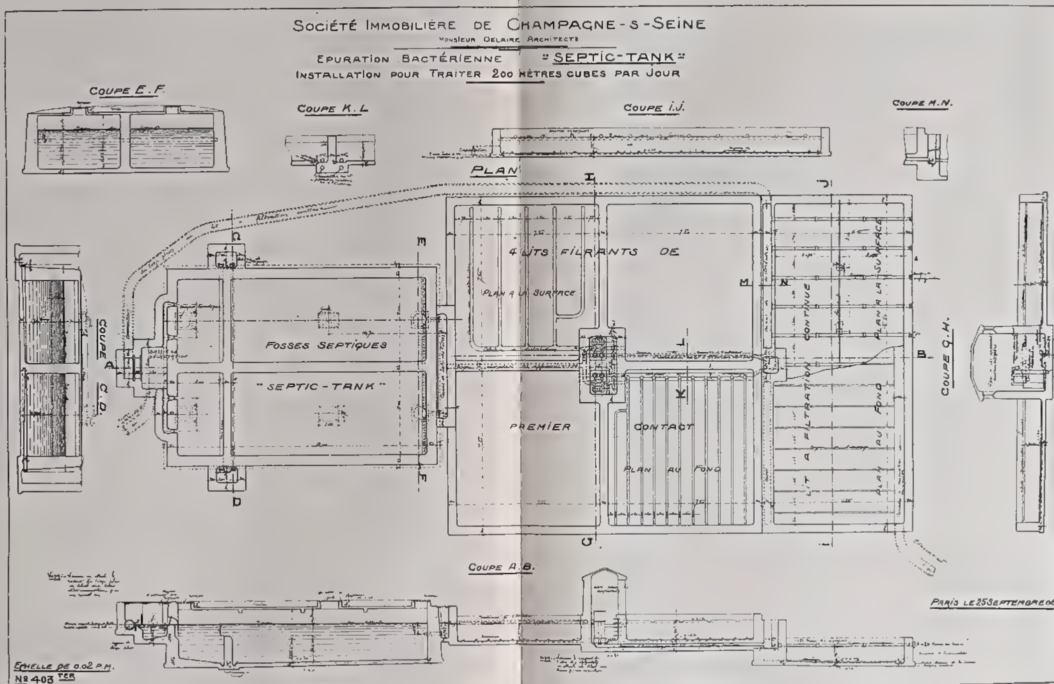

Société Immobilière de Champagne-s-Seine
Monsieur Delaire Architecte
Epuration Bactérienne "Septic-Tank"
Installation pour traiter 200 mètres cubes par jour
Coupe E.F.
Coupe K.L.
Coupe i.J.
Coupe M.N.
Plan
4 lits filtrants de
Plan à la surface
Fosses Septiques
"Septic-Tank"
Premier
Contact
Plan au fond
Lit à filtration continue
Plan à la surface
Plan au fond
Coupe C.D.
Coupe G.H.
Coupe A.B.
Paris le 25 Septembre 06
Echelle de 0.02 P.M.
N° 403 ter

Fig. 14.

perc(
de cl
ont (
pour
dant

Lc
de l
com
mor(
quet
liqu
vais
déci
les
péri
de l
de l

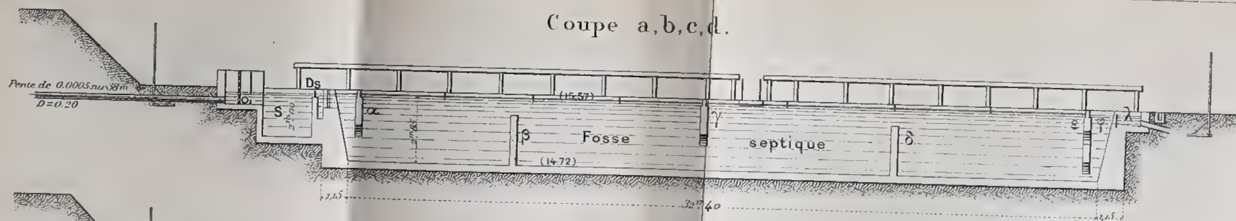
L
frag
mêı
bric

L
son
pos

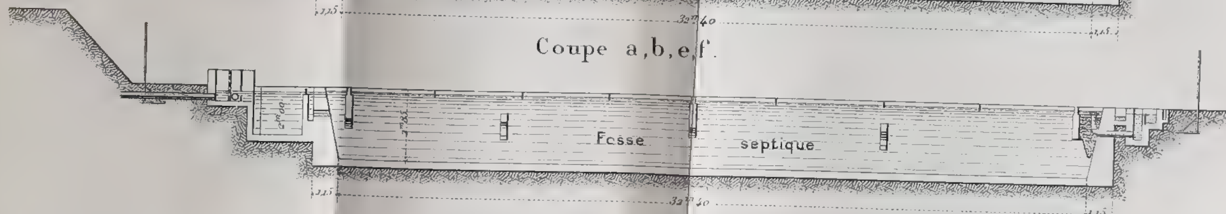
I
bri
cal
ent
de:
fra
dé
sa
la
de
m
fu
si

dı

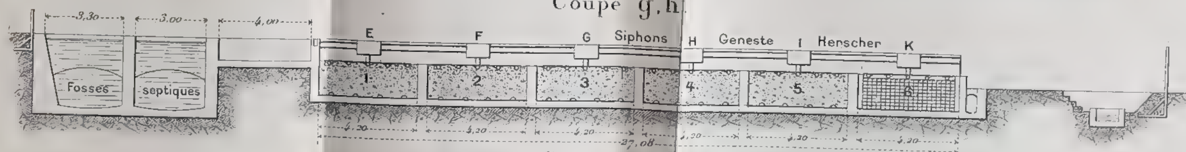
Coupe a,b,c,d.



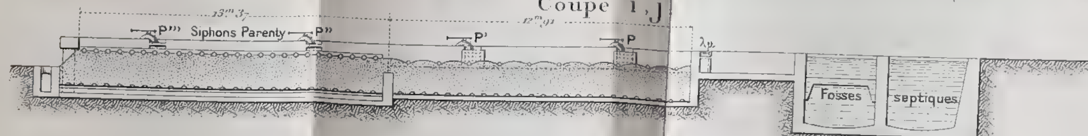
Coupe a,b,e,f.



Coupe g,h.



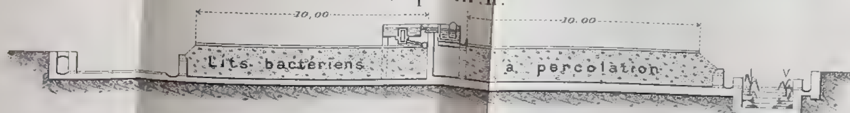
Coupe i,j.



Coupe k,l.



Coupe m.n.



E. Morieu, Gr.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

Lith. Dufrénoy, Paris.

Parenty, sont composés de deux tiers de scories et d'un tiers de pierres calcaires ; ils n'ont subi aucune modification, ni entretien.

Nous nous trouvons ainsi en mesure d'étudier cette année avec plus de précision que nous n'avions pu le faire jusqu'alors, l'influence *comparative* des différents matériaux constituant les lits bactériens sur la marche de l'épuration des eaux d'égout de la Madeleine.

CHAPITRE II

RÉSULTATS ANALYTIQUES DES EXPÉRIENCES DE LA MADELEINE EN 1909-1910

Du 28 juin 1909 au 25 juin 1910, le contrôle de l'épuration a été fait chaque jour et les analyses ont porté, comme les années précédentes, sur :

1° L'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures;
2° L'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes avant et après incubation à la température de 30 degrés (pour les eaux épurées seulement) ou *indice de putrescibilité*, que nous avons tenté de déterminer aussi par une autre méthode;
3° L'ammoniaque;
4° Les nitrates;
5° Les nitrites.

En outre, en novembre 1909, janvier, février, mars, avril et juillet 1910, pendant une période de sept jours, nous avons effectué les déterminations suivantes :

6° Les matières organiques et minérales en suspension dans l'eau brute;
7° L'oxydabilité à chaud au permanganate (matières organiques en solution, double dosage en solution acide et en solution alcaline);
8° L'azote organique total et dissous;
9° Le carbone organique total et dissous;
10° L'alcalinité.

Les méthodes employées pour ces analyses ont été décrites

en détail et commentées dans le premier supplément de ces recherches [1].

Comme il est de règle avec les systèmes d'égouts unitaires tels que celui de la Madeleine, où les eaux résiduaires industrielles viennent se mélanger en grandes quantités aux eaux ménagères, les variations du volume des eaux à épurer sont très grandes. Le débit moyen a été de 400 à 500 mètres cubes par jour. Nous avons indiqué dans le tableau 1 les nombres relevés pendant les périodes d'analyses complètes avec le volume d'eau d'égout traité par mètre carré de lit bactérien par jour.

Les analyses ont toujours été effectuées en prélevant des échantillons moyens de vingt-quatre heures dans les bassins d'échantillonnage.

Le tableau 1 indique les résultats fournis par les analyses complètes de six périodes de sept jours chacune. Les autres tableaux et graphiques ont été établis d'après les moyennes par semaine. Tous les résultats sont donnés en milligrammes par litre. Comme les deux fosses septiques ont toujours fonctionné parallèlement, nous avons indiqué les résultats obtenus pour le mélange des deux effluents.

Les lits bactériens à percolation sont désignés de la façon suivante :

Lits anciens, composés de scories seules, qui ont été remaniés comme il a été décrit plus haut pour composer les lits n°s 1 à 6; surface 400 mètres carrés;

Lits A, composés de scories et calcaire, désignés l'an dernier comme lits nouveaux alimentés par siphons Parenty et tubes en fonte perforée; surface 135 mètres carrés;

Lits B, composés de scories et calcaire, désignés l'an dernier comme lits nouveaux alimentés par siphons Parenty et drains. Les drains de surface ont été, depuis, remplacés par des tubes en fonte perforée; surface 135 mètres carrés;

Lits 1, composés de tourbe et calcaire recouverts d'une couche de briquaillons; surface 42 mètres carrés;

[1] Paris. Masson et Cie, éditeurs, 1908.

TABLEAU I. — **Périodes d'analyses compl**

DATE DE LA PRISE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	VOLUME MOYEN EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES PENDANT LES 7 JOURS	VOLUME D'EAU TRAITÉ PAR MÈTRE CARRÉ DE LITS BACTÉRIENS PAR JOUR, EN MÈTRES CUBES	ALCALINITÉ EN CO^3 Ca	MATIÈRES EN SUSPENSION — ORGANIQUES	
Du 7 au 13 novembre 1909	Eau brute	480,0	»	530,0	63,0	[illegible]
	Effluent des fosses septiques	480,0	»	517,0	»	
	Effluent des lits bactériens : A	105,0	0,777	280,0	»	
	— — B	105,0	»	254,0	»	
Du 16 au 22 janvier 1910	Eau brute	426,5	»	380,0	160,0	[illegible]
	Effluent des fosses septiques	426,5	»	403,0	»	
	Effluent des lits bactériens : A	103,0	0,765	293,0	»	
	— — B	103,0	»	344,0	»	
Du 20 au 26 février 1910	Eau brute	408,8	»	381,0	176,0	[illegible]
	Effluent des fosses septiques	408,8	»	414,0	»	
	Effluent des lits bactériens N° 1	31,1	0,691	347,0	»	
	— — N° 2	31,1	»	356,0	»	
	— — N° 3	93,3	»	331,0	»	
	— — N° 6	31,1	»	394,0	»	
Du 13 au 19 mars 1910	Eau brute	495,0	»	401,0	211,0	[illegible]
	Effluent des fosses septiques	495,0	»	417,0	»	
	Effluents des lits bactériens : A	107,1	0,795	346,0	»	
	— — B	107,1	»	351,0	»	
Du 17 au 23 avril 1910	Eau brute	428	•	447,0	263,0	[illegible]
	Effluent des fosses septiques	428	•	460,0	»	
	Effluent des lits bactériens : N° 1	35,2	0,792	350,0	»	
	— — N° 2	35,2	»	363,0	»	
	— — N° 3	105,6	»	301,0	»	
	— — N° 6	35,2	»	370,0	»	
Du 16 au 22 juillet 1910	Eau brute	375,5	»	383,0	201,0	[illegible]
	Effluent des fosses septiques	375,5	»	400,0	»	
	Effluent des lits bactériens : A	92,75	0,684	340,0	»	
	— — B	92,75	»	353,0	»	
	— — N° 1	23,75	0,528	290,0	»	
	— — N° 2	23,75	»	343,0	»	
	— — N° 3	71,25	»	381,0	»	
	— — N° 6	23,75	»	363,0	»	

Madeleine en 1909-1910.

OXYGÈNE ABSORBÉ		MATIÈRES ORGANIQUES Dosage au permanganate en oxygène		CARBONE ORGANIQUE EN C			AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az				NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
								AMMONIACAL	ORGANIQUE				
EN 4 HEURES	APRÈS 7 JOURS D'INCUBATION A 30 DEGRÉS	EN SOLUTION ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION			TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		
51,2	»	149,0	90,0	117,1	71,8	45,3	27,4	22,5	15,2	10,3	4,9	»	»
42,9	»	129,0	84,0	»	63,7	»	25,0	20,5	»	11,4	»	»	»
6,5	3,1	14,0	9,4	»	19,9	»	2,9	2,4	»	4,1	»	20	1,8
6,1	2,6	11,6	9,1	»	13,1	»	3,9	3,2	»	3,7	»	10,4	2,0
30,9	»	77,4	49,7	125,0	55,6	67,4	16,7	13,7	12,9	6,0	6,9	»	»
29,6	»	73,7	56,5	»	55,0	»	16,6	13,6	»	7,0	»	»	»
8,6	3,1	16,4	13,0	»	17,2	»	5,5	4,5	»	2,7	»	10	0,5
8,7	3,3	18,3	14,9	»	16,7	»	9,5	7,8	»	4,0	»	traces	0,4
24,1	»	63,7	42,3	182,0	48,0	134,0	15,4	12,6	17,2	7,0	10,2	»	»
24,8	»	64,0	43,1	»	55,6	»	16,5	13,4	»	12,2	»	»	»
14,5	3,9	32,0	21,8	»	25,3	»	8,5	7,0	»	6,5	»	8,4	1,4
14,1	4,6	32,7	25,6	»	29,7	»	10,1	8,2	»	6,5	»	12,6	1,4
8,2	2,3	17,1	13,5	»	20,7	»	3,5	2,9	»	2,5	»	20,0	3,0
16,3	8,2	36,7	28,3	»	30,2	»	12,3	10,1	»	6,5	»	1,7	1,2
27,7	»	7,6	56,6	184,0	56,7	127,3	15,5	12,7	14,4	9,1	5,3	»	»
28,9	»	76,0	48,6	»	51,3	»	15,6	12,7	»	9,5	»	»	»
3,8	1,9	13,2	10,6	»	13,9	»	1,6	1,3	»	3,4	»	24,9	0,4
6,5	1,8	14,5	11,0	»	16,4	»	1,9	1,6	»	4,3	»	18,6	0,6
42,7	»	118,9	73,1	267,8	142,0	125,8	24,8	20,3	18,4	7,5	10,9	»	»
38,5	»	104,3	66,3	»	73,9	»	23,5	19,3	»	8,1	»	»	»
16,9	6,8	37,1	28,6	»	31,1	»	7,5	6,2	»	6,1	»	6	2,1
19,4	6,2	42,4	30,4	»	32,3	»	7,6	6,2	»	6,3	»	7,7	3,4
10,5	3,1	22,6	18,8	»	25,1	»	5,2	4,3	»	5,1	»	7,4	2,2
19,5	8,4	45,5	33,0	»	35,1	»	9,0	7,4	»	6,4	»	0	1,9
45,8	»	97,4	63,4	161,5	61	100,5	21,3	17,5	15,8	8,2	7,6	»	»
36,5	»	80,6	57,4	»	34,5	»	20,2	16,6	»	9,4	»	»	»
10,4	3,7	19,9	17,0	»	9,7	»	3,5	2,9	»	2,1	»	25,9	2,3
10,8	3,9	21,9	14,6	»	14	»	4,4	3,6	»	2,4	»	20,1	2,6
13,5	4,2	25,9	17,7	»	21,0	»	2,4	2,0	»	5,2	»	25,4	3,0
17,5	5,4	34,4	24,3	»	25,3	»	5,2	4,3	»	6,3	»	16,1	2,8
11,9	3,7	22,5	16,6	»	18,5	»	6,9	5,7	»	5,8	»	6,4	0,8
16,3	4,7	29,6	20,5	»	22,4	»	6,2	5,1	»	5,4	»	14,5	2,4

Lits 2, composés de briquaillons et calcaire ; surface 42 mètres carrés ;

Lits 5, anciens de scories seules ; surface 126 mètres carrés ;

Lits 6, à cellules de briques avec tourbe et calcaire, recouverts d'une couche de 0m,40 de scories ; surface 42 mètres carrés.

Les lits 1, 2, 5 et 6 sont alimentés par des siphons type Geneste-Herscher et des tubes de fonte perforée :

1° **Oxygène absorbé en 4 heures.** — Nous notons toujours de très grandes variations dans la pollution ; ainsi l'oxygène

Oxygène absorbé en 4 heures.

DATES	EAU BRUTE	FOSSE SEPTIQUE	LIT ANCIEN	LIT A	LIT B
Du 28 juin au 4 juil. 1909. .	50,6	55,8	8,5	10,5	10,6
— 5 juil. — 11 — — . .	40,5	30,8	6,8	8,2	8,9
— 1er août — 7 août — . .	56,9	44,6	11,7	14,1	15,7
— 8 — — 14 — — . .	65,7	52,7	11,5	11,6	15,3
— 15 — — 21 — — . .	59,2	48,2	10,1	10,9	12,1
— 22 — — 28 — — . .	51,5	42,2	8,6	10,2	11,2
— 29 — — 4 sept. — . .	53,0	42,0	7,2	9,1	9,7
— 13 sept. — 18 — — . .	51,0	41,7	13,8	12,4	13,8
— 19 — — 25 — — . .	49,2	43,4	10,5	9,8	12,5
— 26 — — 2 oct. — . .	45,4	36,9	9,8	9,4	11,9
— 3 oct. — 9 — — . .	43,4	32,8	8,8	6,2	8,6
— 10 — — 16 — — . .	48,1	40,0	8,9	6,9	10,5
— 17 — — 23 — — . .	45,2	34,5	»	9,8	12,8
— 24 — — 30 — — . .	34,9	31,7	»	10,9	12,2
— 31 — — 6 nov. — . .	42,5	32,8	»	7,1	7,1
— 7 nov. — 13 — — . .	51,1	42,9	»	6,5	6,1
— 14 — — 20 — — . .	54,9	48,6	»	7,7	8,5
— 21 — — 26 — — . .	74,5	65,5	»	19,7	22,5
— 4 déc. — 11 déc. — . .	59,2	52,6	»	16,9	16,6
— 12 — — 18 — — . .	61,3	53,4	»	14,4	21,9
— 19 — — 25 — — . .	38,5	35,5	»	12,1	15,1
— 26 — — 1er janv. 1910. .	35,0	33,6	»	9,9	12,3
Moyenne			9,4		

absorbé en 4 heures a varié pour l'eau brute de 20,8 à 74,5. Il

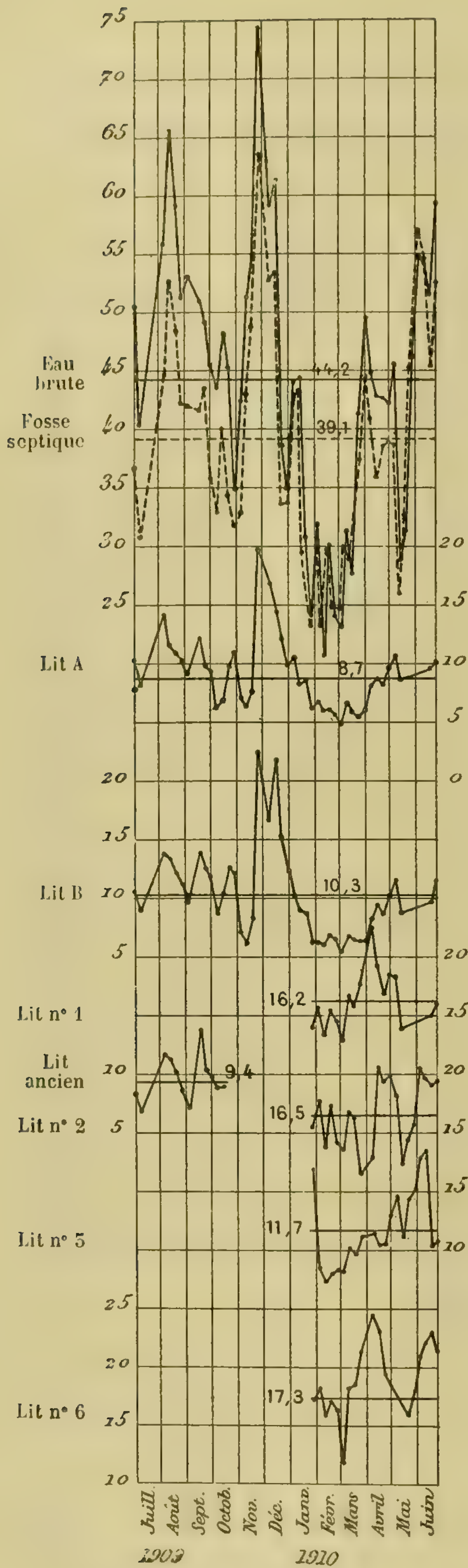
est donc très important de ne juger l'épuration que par les résultats d'un grand nombre d'analyses quotidiennes.

Oxygène absorbé en 4 heures.

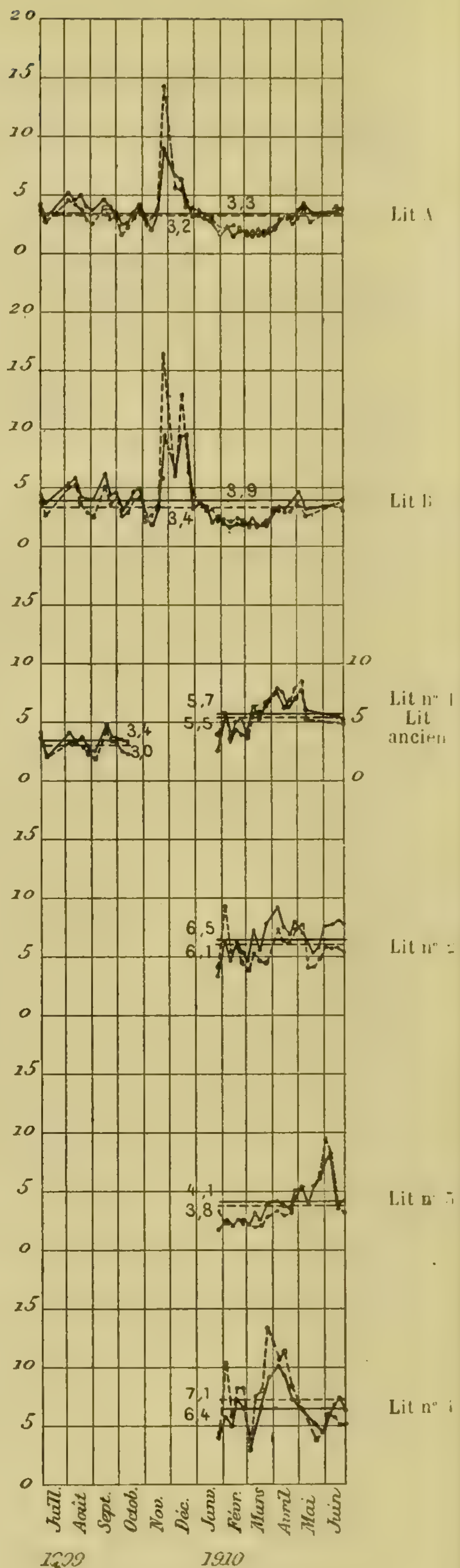
DATES	EAU BRUTE	FOSSE SEPTIQUE	LITS BACTÉRIENS A	B	N° 1	N° 2	N° 3	N° 6
Du 2 janv. au 8 janv. 1910.	44,1	42,9	10,5	10,1	»	»	»	»
— 9 — 15 —	44,3	43,4	8,3	8,9	»	»	»	»
— 16 — 22 —	30,9	29.6	8,6	8,7	»	»	»	»
— 23 — 29 —	23,9	23,1	6,2	6,2	14,0	15,3	17,0	17,2
— 30 — 5 février. .	31,9	30,1	6,8	6,2	15,7	17,7	8,4	18,3
— 6 février 12 —	20.8	23,1	6,0	6,1	13,3	13,7	7,3	15,8
— 13 — 19 —	30,1	29,9	6,1	6.8	15,5	17,3	7,9	17,1
— 20 — 26 —	24.1	24,8	5,7	6,5	14,5	14,1	8,2	16,3
— 27 — 5 mars.. .	23,2	24,7	4,9	5,4	12,9	13,5	8,1	11,9
— 6 mars 12 —	31,3	30,0	6,6	6,8	16,7	16,7	10,2	18,2
— 13 — 19 —	27,7	28,9	5,8	6,5	15,9	16.3	9,7	18,5
— 20 — 26 —	41,3	37,5	5,6	6,4	17,7	11,5	11,1	21,3
— 27 — 2 avril. . .	49,5	44,6	6,1	6,4	»	»	»	»
— 3 avril 9 —	44,9	40,9	8,0	8,2	22,6	12,9	11,4	24,5
— 10 — 16 —	42,9	36,9	8,7	9,4	19,3	20,7	10,3	23,1
— 17 — 23 —	42,7	38,3	8,1	8,6	16,9	19,4	10,5	19,5
— 24 — 30 —	42,1	38,8	9,6	10,2	18,5	19,9	12,9	»
— 1er mai 7 mai. . .	45,7	38,6	10,7	11,6	18,2	18,1	14,7	»
— 8 — 14 —	28,9	26,0	8,6	8,6	13,8	12,3	11,1	»
— 15 — 21 —	31,3	32,7	»	»	»	14,5	14,3	11 0
— 22 — 28 —	46,1	45,1	»	»	»	15,6	15,2	13,0
— 29 — 4 juin. . .	54,7	57,0	»	»	»	20,5	17,8	16,0
— 5 juin 11 —	54,0	54.4	»	»	»	19,6	18,4	17,0
— 12 — 18 —	51,4	45,3	9,6	9.7	15,0	19,2	10,4	17.9
— 19 — 25 —	59,3	47,5	10,1	11,5	16,0	19,4	10,7	16,4
Moyennes.	44,2	39,1	8,7	10,3	16,2	16,5	11,7	17,3

Les coefficients d'épuration ont été :

Lits anciens.	78,6 0/0
Lits A.	80,4 0/0
Lits B.	76,7 0/0
Lits n° 1.	63,5 0/0
Lits n° 2.	62,5 0/0
Lits n° 3.	73,6 0/0
Lits n° 6.	60,9 0/0



Graphique n° 1.
Oxygène absorbé en 4 heures.



Graphique n° 2.
Oxygène absorbé en 5 minutes.
——— avant incubation.
.... après —

2° **Oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation à l'étuve à 30 degrés.** — Les tableaux ci-après et le graphique

Oxygène absorbé en 3 minutes.

DATES	LIT ANCIEN		LIT A		LIT B	
	Avant incubation	Après incubation	Avant incubation	Après incubation	Avant incubation	Après incubation
Du 28 juin au 4 juillet 1909 . .	3,7	4,2	4,2	3,5	4,3	3,8
— 5 juill. — 11 — . .	2,1	2,1	2,9	2,7	3,7	2,7
— 1 août — 7 août. . . .	4,3	3,3	5,1	4,6	5,3	5,0
— 8 — — 14 — . . .	3,4	3,2	4,6	4,1	5,7	5,2
— 15 — — 21 — . . .	3,6	2,9	5,0	3,7	4,3	3,8
— 22 — — 28 — . . .	2,8	2,3	3,8	2,8	4,1	3,0
— 29 — — 3 sept. . . .	2,8	2,0	3,5	2,5	4,0	2,6
— 13 sept. — 18 — . . .	4,9	4,3	4,5	3,8	6,1	5,1
— 19 — — 25 — . . .	3,7	3,3	3,8	2,9	4,3	3,6
— 26 — 2 octobre . . .	3,6	3,1	3,2	3,0	4,5	4,1
— 3 oct. — 9 — . . .	3,4	2,6	2,3	1,6	3,1	2,6
— 10 — — 16 — . . .	3,1	2,3	2,4	2,1	3,7	2,9
— 17 — — 23 — . . .	»	»	3,4	3,1	4,7	3,9
— 24 — — 30 — . . .	»	»	4,0	3,6	4,9	4,1
— 31 — — 6 nov. . . .	»	»	2,7	2,5	2,7	2,1
— 7 nov. — 13 — . . .	»	»	1,9	3,1	1,9	2,6
— 14 — — 20 — . . .	»	»	3,3	3,5	3,3	3,5
— 21 — — 26 — . . .	»	»	8,8	14,3	9,4	16,3
— 4 déc. — 10 déc. . . .	»	»	6,7	5,5	6,6	5,9
— 11 — — 17 — . . .	»	»	6,1	5,4	9,4	12,9
— 18 — — 24 — . . .	»	»	4	3,8	9,6	6,3
— 25 — — 31 — . . .	»	»	3,2	3,7	3 3	4,2
Moyennes	3,4	3,0				

n° 2 montrent que les effluents des lits anciens et les lits A et B n'ont jamais été putrescibles, mais qu'il n'en a pas toujours été de même pour les autres effluents.

Oxygène absorbé en 3 minutes.

DATES	LIT A		LIT B		LIT N° 1		LIT N° 2		LIT N° 3		LIT N° 6	
	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation
Du 2 janv. au 8 janv. 1910	3,2	3,5	3,7	3,7	»	»	»	»	»	»	»	»
— 9 — — 15 — —	3,1	3,2	3,4	3,1	»	»	»	»	»	»	»	»
— 16 — — 22 — —	2,8	3,1	2,1	3,5	»	»	»	»	»	»	»	»
— 23 — — 29 — —	2,0	2,1	2,4	2,2	2,6	3.9	3,4	4,1	2,0	3,0	4,1	4,3
— 30 — — 5 févr. —	2,2	2,2	2,2	2,3	5,6	5,7	6,3	9,3	2,6	2,5	5,8	10,3
— 6 févr. — 12 — —	1,6	2,3	1,8	2,1	3,8	3,7	4.5	5,5	2,2	2,2	5,0	5,8
— 13 — — 19 — —	1,9	2,1	2,2	2,5	5,0	4,3	6,3	5,8	2,6	2,6	7,1	8.2
— 20 — — 26 — —	1,9	1,5	2,1	2,3	5,4	3,9	5,3	4,6	2,6	2,3	6,4	8,2
— 27 — — 5 mars —	1,5	1,9	2,0	1,9	3,9	3,7	4,5	5,9	2,2	2,2	5,8	3,0
— 6 mars — 12 — —	2,1	1,6	2,4	1,8	6,3	5,7	7,2	5,3	3,3	2,1	6,9	7,5
— 13 — — 19 — —	1,8	1,9	1,9	1,8	5,3	5,8	5,6	4,7	2,7	2,2	6,5	7,7
— 20 — — 26 — —	1,9	2,1	2,0	2,0	6,6	6,4	7,8	4,6	4,0	2,9	8,7	13,3
— 27 — — 2 avril —	2,1	2,2	2,1	2,5	»	»	»	»	»	»	»	»
— 3 avril — 9 — —	2,9	2,9	3,0	3,5	7,9	7,6	9,2	7,4	4,1	3,3	10,1	10,6
— 10 — — 16 — —	3,1	3,0	3,4	3,1	7,4	6,1	7,5	6,3	3,8	3,0	9,1	11,4
— 17 — — 23 — —	2,9	2,6	3,3	3,0	6,3	6,8	6,9	6,2	3,7	3,1	7,1	8,4
— 24 — — 30 — —	3,5	3,0	3,8	3,1	7,0	7,8	7,9	7,4	5,1	4,5	»	»
— 1er mai — 7 mai —	4,1	3,8	4,5	3,8	7,7	8,3	7,0	7,7	5,3	5,4	»	»
— 8 — — 14 — —	3,4	2,6	3,2	2.6	5,8	5,1	4,8	4,0	3,9	3,9	»	»
— 15 — — 21 — —	»	»	»	»	»	»	5,3	4,1	5,5	5,3	5,1	3.7
— 22 — — 28 — —	»	»	»	»	»	»	5,8	4,9	6,1	6,4	4,3	4,3
— 29 — — 4 juin —	»	»	»	»	»	»	7,6	5,9	7,6	9,4	6,0	6,1
— 5 juin — 11 — —	»	»	»	»	»	»	7,8	5,8	8,0	8,2	6,8	5,8
— 12 — — 18 — —	3,6	3,8	3,7	3,7	5,5	4,9	8,1	5,8	3,9	3,5	7,2	5,1
— 19 — — 25 — —	3,7	3,7	3,9	3,3	5,3	4,9	7.9	5,4	4,2	3,3	6,3	5,1
Moyennes	3,3	3,2	3,9	3,4	5,7	5,5	6,5	6,1	4,1	3,8	6,4	7,1

	INCUBATION	
	Avant.	Après.
	—	—
Lits anciens.	3,4	3,0
Lits A	3,3	3,2
Lits B	3,9	3,4
Lits n° 1	5,7	5,5
Lits n° 2	6,5	6,1
Lits n° 3	4,1	3,8
Lits n° 6	6,4	7,1

3° **Ammoniaque libre ou saline.** — Le taux moyen d'ammoniaque a été un peu inférieur dans l'eau brute à ce qu'il était l'an dernier; par contre, on observe un accroissement constant de l'ammoniaque dans les fosses septiques. Les coefficients d'épuration rapportés à l'effluent des fosses septiques ont été :

Ammoniaque libre ou saline en AzH^3.

DATES	EAU BRUTE	FOSSE SEPTIQUE	LIT ANCIEN	LIT A	LIT B
Du 28 juin au 4 juil. 1909. .	18,0	18,2	2,7	2,5	3,8
— 5 juil. — 11 — — . .	18,1	15,4	2,0	1,7	2,7
— 1er août — 7 août — . .	13,8	13,5	2,1	3,9	3,9
— 8 — — 14 — — . .	13,4	14,0	2,3	3,5	5,2
— 15 — — 21 — — . .	15,7	16,3	1,4	3,6	5,3
— 22 — — 28 — — . .	13.9	14,3	1,2	2,6	4,7
— 29 — — 3 sept. — . .	16,6	16,1	2,1	2,4	3,5
— 13 sept. — 18 — — . .	14,9	16,0	3,6	2,9	4,0
— 19 — — 25 — — . .	20,0	20,3	4,6	2,5	5,0
— 26 — — 2 oct. — . .	19,1	17,9	5,2	2,2	5,5
— 3 oct. — 9 — — . .	17,0	17,0	3,3	0,9	4,0
— 10 — — 16 — — . .	20,9	16,3	4.5	1,4	4,3
— 17 — — 23 — — . .	18,3	20,5	»	3,6	5,0
— 24 — — 30 — — . .	19,3	18,5	»	2,8	5,4
— 31 — — 6 nov. — . .	22,1	21,0	»	2,7	4,1
— 7 nov. — 13 — — . .	27,4	25,0	»	2,9	3,9
— 14 — — 20 — — . .	30,3	32,0	»	4,9	5,1
— 21 — — 26 — — . .	35,1	34,0	»	11,6	13,9
— 4 déc. — 10 déc. — . .	30,0	28,1	»	6,4	8,1
— 11 — — 17 — — . .	26,4	26,3	»	7,7	11,5
— 18 — — 24 — — . .	19,9	20,4	»	6,3	9,9
— 25 — — 1er janv. 1910. .	21,9	20,9	»	3,7	10,0
Moyenne			2,9		

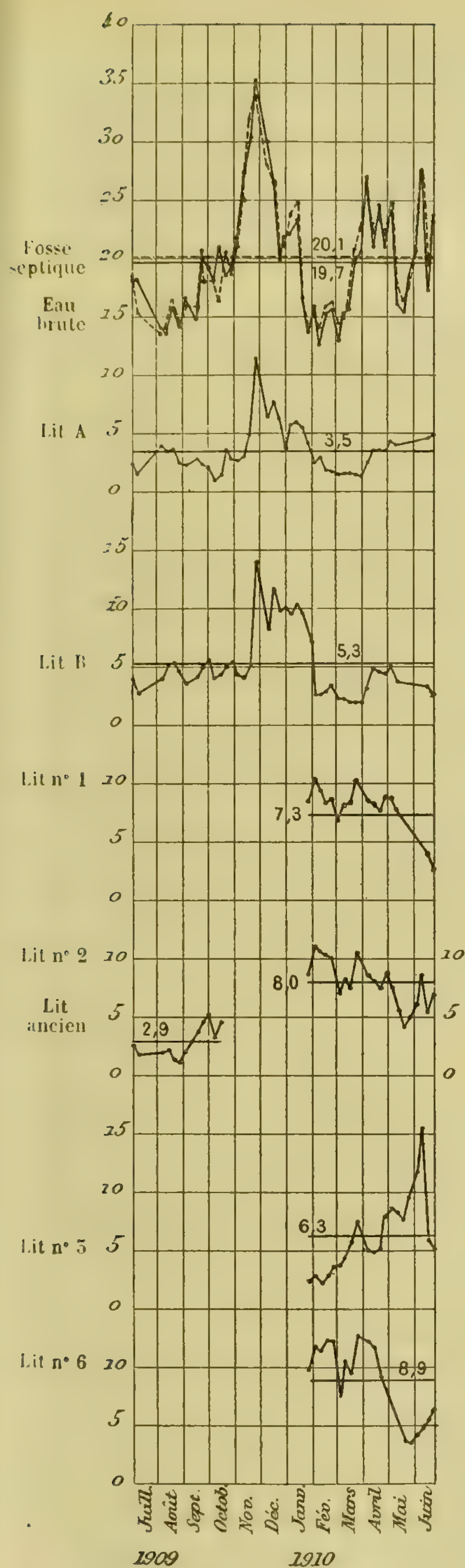
Lits anciens. 85,6 0/0
Lits A. 82,6 0/0
Lits B. 73,7 0/0
Lits n° 1. 63,7 0/0
Lits n° 2. 60,1 0/0
Lits n° 3. 68,7 0/0
Lits n° 6. 55,8 0/0

Ammoniaque libre ou saline en AzH^3.

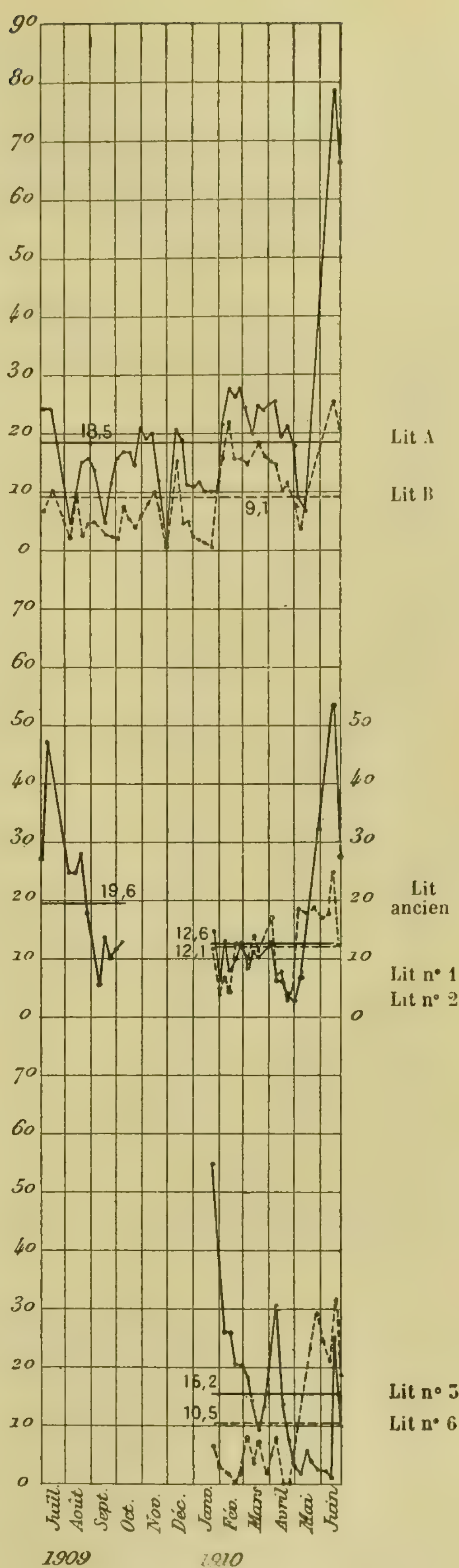
DATES	EAU BRUTE	FOSSE SEPTIQUE	LITS BACTÉRIENS					
			A	B	N° 1	N° 2	N° 3	N° 6
Du 2 janv. au 8 janv. 1910.	22,1	23,8	5,7	9,5	»	»	»	»
— 9 — — 15 —	23,4	24,8	6,0	10,4	»	»	»	»
— 16 — — 22 —	16,7	16,6	5,5	9,5	»	»	»	»
— 23 — — 29 —	13,7	14,1	4,3	7,0	8,4	8,6	2,6	9,8
— 30 — — 5 février. .	15,8	15,1	2,4	2,7	10,3	11,1	2,9	11,8
— 6 févr. — 12 —	12,6	14,0	2,9	2,7	9,2	10,7	2,4	11,4
— 13 — — 19 —	15.3	16,0	1,9	2,9	8,3	10,4	2,9	12,4
— 20 — — 26 —	15,4	16,3	1,8	3,4	8,5	10,1	3,5	12,3
— 27 — — 5 mars . .	12,9	14,4	1,5	2,3	6,8	7,1	3,7	7,5
— 6 mars — 12 —	15,2	15,0	1,6	2,3	7,9	8,2	4,5	10,4
— 13 — — 19 —	15,5	15,6	1,6	1,9	8.3	7,6	5,8	9,5
— 20 — — 26 —	20,1	20,8	1,5	1,9	10,3	10,6	7,5	12,8
— 27 — — 2 avril. . .	20,6	22,7	1,4	1,9	»	»	»	»
— 3 avril — 9 —	26,7	25,9	2,3	3,0	8,4	8,5	5.1	12,1
— 10 — — 16 —	21,1	22,1	3,5	4,9	8,1	8,1	4,9	11,5
— 17 — — 23 —	24,8	23,5	3,5	4,5	7,5	7,6	5,2	9,0
— 24 — — 30 —	21,1	21,8	3,5	4,3	8,8	8,7	8,0	»
— 1er mai — 7 mai. . .	24,4	24,9	4,3	5,1	8,7	7,7	8,6	»
— 8 — — 14 —	16,1	17,9	4,0	3,7	7,7	5,6	8,4	»
— 15 — — 21 —	15,4	16,5	»	»	»	4,2	7,7	3,7
— 22 — — 28 —	18,3	17,5	»	»	»	5,0	9,6	3,4
— 29 — — 4 juin. . .	20,4	20,7	»	»	»	6,1	11,6	4,1
— 5 juin — 11 —	27,1	27,3	»	»	»	8,6	15,5	4,8
— 12 — — 18 —	17,4	19,5	4,6	3,2	4,0	5,4	5,9	5,6
— 19 — — 25 —	23,1	23,7	4,8	2,6	2,6	7,1	5,1	6,6
Moyennes.	19,7	20,1	3,5	5,3	7,5	8,0	6.3	8,9

4° et 5° **Nitrates et nitrites.** — La nitrification a toujours été active, sauf pendant quelques périodes. Elle a été très satisfaisante dans l'ensemble comme le montrent les moyennes suivantes :

	Nitrates.	Nitrites.
Lits anciens.	19,6	0,4
Lits A.	18,5	1,4
Lits B.	9,1	1,1
Lits n° 1.	12.6	2,1
Lits n° 2.	12,1	2,8
Lits n° 3.	15,2	1,6
Lits n° 6.	10,5	2,0



Graphique n° 3.
Ammoniaque.



Graphique n° 4.
Nitrates.

Lits A, 1, 3 et ancien, traits pleins.
Lits B, 2 et 6, traits pointillés.

6° **Matières en suspension.** — Comme nous l'avons fait remarquer à maintes reprises, les déterminations directes de la quantité de matières en suspension dans les eaux d'égout sont très difficiles, pour ne pas dire impossibles à effectuer

Nitrates. — Nitrites

DATES	LIT ANCIEN		LIT A		LIT B	
	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites
Du 28 juin au 4 juillet 1909. . .	27	0,6	24	2,1	6,9	1.5
— 5 juillet — 11 —	47	tr.	24	0,9	10,1	0,8
— 1 août — 7 août.	»	0,7	4,1	2,3	2,3	1,5
— 8 — — 14 —	22	0,3	8,3	2,6	9,5	0,7
— 15 — — 21 —	22	0,3	15,0	2,5	2,6	0.9
— 22 — — 28 —	28	0	16,0	1,3	4,8	1,0
— 29 — — 3 sept.	16,7	0	13,9	1,5	5,2	1,3
— 13 sept. — 18 —	5,4	tr.	4,5	0,6	3,1	0,4
— 19 — — 25 —	14,0	0,5	11,6	2,0	2.8	1,0
— 26 — — 2 oct.	10,0	0,8	16,0	2,1	2,5	1,7
— 3 oct. — 9 —	11.7	1,0	17,0	0,7	7.6	0.6
— 10 — — 16 —	13,0	0,3	17,0	0,4	5,3	1,5
— 17 — — 23 —	»	»	15,0	1,5	3,9	1,2
— 24 — — 30 —	»	»	21,0	2,5	6	1,3
— 31 — — 6 nov.	»	»	19,0	1,4	8	1,4
— 7 nov. — 13 —	»	»	20,0	1,8	10	2,0
— 14 — — 20 —	»	»	12,4	0,9	7	1 2
— 21 — — 26 —	»	»	2,0	tr.	0,2	0
— 4 déc. — 11 déc.	»	»	21,0	0	15,7	tr.
— 12 — — 18 —	»	»	19,0	tr.	4,6	0,8
— 19 — — 25 —	»	»	11,4	1,7	5,0	1,2
— 26 — — 1 janv. 1910 . . .	»	»	11,0	1,3	2,3	0 6
Moyennes	19,6	0,4				

d'une manière rigoureuse et on ne doit pas en déduire la quantité de boues introduites dans les fosses septiques. Comme il ne s'en échappe qu'une très petite proportion, on a une évaluation plus exacte et surtout plus pratique, en cubant les boues que l'on est obligé d'extraire des fosses à certaines époques.

Nous avons, par des sondages, évalué la quantité de boues déposées dans les fosses septiques et, d'après le profil obtenu

avant et après dragage, le volume que nous avons retiré qui a été de 99^{mc},7, soit 1/5,6 du volume total des fosses.

Si l'on admet que ces boues contiennent 80 % d'eau, on a donc extrait 19940 kilogrammes de boues sèches. Comme nos

Nitrates. — Nitrites.

DATES	LIT A		LIT B		LIT N° 1		LIT N° 2		LIT N° 3		LIT N° 6	
	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites
Du 2 janv. au 8 janv. 1910	12	0,8	2,0	0,2	»	»	»	»	»	»	»	»
— 9 — — 15 — —	10	0,5	1,2	tr.	»	»	»	»	»	»	»	»
— 16 — — 22 — —	10	0,5	0,2	0,4	»	»	»	»	»	»	»	»
— 23 — — 29 — —	10	0,3	10,9	0,8	13	0,9	12	1,7	55	0,6	6,4	2,5
— 30 — — 5 fév. —	21,7	0,4	16,0	0,9	6,2	1,1	4,1	0,7	26,1	0,6	4,9	0,4
— 6 fév. — 12 — —	28.0	3,6	22,0	2,8	13,0	3,9	7,2	2,9	26,0	3,0	1,9	2,7
— 13 — — 19 — —	26,3	0,3	16,0	0,5	8,1	1,3	4,6	1,2	20,4	2,9	0	0
— 20 — — 26 — —	28,0	0,6	16,0	0,8	10,0	1,4	12,6	1,4	20,0	3,0	1,7	0.2
— 27 — — 5 mars —	24,7	0,7	15,0	1,3	13,0	4,7	12,0	5,5	18,4	4,0	8,1	4,3
— 6 mars — 12 — —	19,9	1,2	13,0	0,6	8,3	2,1	10,1	3,4	14,4	1,7	3,6	1,4
— 13 — — 19 — —	24,9	0,4	18,6	0,6	11,4	3,5	14,0	3,0	9,6	3,6	7,0	3,7
— 20 — — 26 — —	24,0	0,7	16,3	1,0	10,1	1,0	11,4	2,3	13,3	2,3	1,5	1,5
— 27 — — 2 avril —	25,0	0,5	15,4	1,0	»	»	»	»	»	»	»	»
— 3 avril — 9 — —	25,7	0,8	14,7	0,7	12,7	0	17,5	0	30,5	2,0	7,7	0
— 10 — — 16 — —	19,4	1,1	10,0	1,4	6,1	0	6,9	0	13,6	0,8	0	0
— 17 — — 23 — —	21,3	1.3	11,3	1,8	6,0	2,1	7,7	3,4	7,4	2,2	0	1,9
— 24 — — 30 — —	18,0	1,5	8,0	1,4	4,0	2,5	3,0	4.2	5,0	0,3	»	»
— 1 mai — 7 mai —	8,9	1,5	4,4	0,6	3,0	2,7	4,6	5,1	1,7	0,2	»	»
— 8 — — 14 — —	7,5	tr.	9,0	1,0	6,9	0,5	18,4	1,3	6,6	1,0	»	»
— 15 — — 21 — —	»	»	»	»	»	»	17,9	2,6	3,4	2,5	23,3	2,7
— 22 — — 28 — —	»	»	»	»	»	»	18,7	3,5	1,9	0	30,0	3,3
— 29 — — 4 juin —	»	»	»	»	»	»	17,0	1,6	2,0	0,5	23,9	2,0
— 5 juin — 11 — —	»	»	»	»	»	»	17,5	2,8	1,0	0	20,5	2,9
— 12 — — 18 —	79,1	2,0	23,2	1,7	53,2	1,7	24,6	4,2	24,5	0,7	31,0	3,3
— 19 — — 25 — —	66,0	5,0	20,7	4,3	27,6	4,3	12,7	7,1	9,7	2,6	18,9	4,2
Moyennes.	18,5	1,4	9,1	1,1	12,6	2,1	12,1	2,8	15,2	1,6	10,5	2,0

expériences nous ont montré que, pendant le séjour en fosses septiques, 20 % des boues disparaissaient par gazéification, si l'on ajoute les 4985 kilogrammes ainsi éliminés, on voit que les fosses ont reçu pendant l'année 24925 kilogrammes comptés à l'état sec pour un mininum 150000 mètres cubes d'eaux d'égout, soit 0^{kg},166 par mètre cube.

7° **Oxydabilité à chaud au permanganate.** — (Matières organiques en solution). La moyenne des résultats des six périodes d'analyses permet d'établir les coefficients d'épuration suivants :

	Rapportés à			
	Eau brute.		Effluent des fosses septiques.	
	Acide.	Alcaline.	Acide.	Alcaline.
Lits A	86,1 0/0	80,0 0/0	81,9 0/0	78,9 0/0
Lits B	85,5 0/0	80,1 0/0	81,1 0/0	78,8 0/0
Lits n° 1	72,3 0/0	63,6 0/0	64,0 0/0	61,4 0/0
Lits n° 2	68,1 0/0	57,5 0/0	58,4 0/0	54,9 0/0
Lits n° 3	82,0 0/0	74,0 0/0	77,5 0/0	72,4 0/0
Lits n° 6	67,4 0/0	56,8 0/0	57,6 0/0	53,9 0/0

8° **Azote organique.** — L'azote organique, contenu en faibles proportions dans les eaux de la Madeleine, est toujours très difficile à minéraliser ; aussi les coefficients d'épuration sont-ils moins élevés que pour la matière organique :

	Rapportés à	
	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.
Lits A	61,3 0/0	67,5 0/0
Lits B	55,0 0/0	62,4 0/0
Lits n° 1	26,3 0/0	39,6 0/0
Lits n° 2	20,0 0/0	33,4 0/0
Lits n° 3	45,0 0/0	54,2 0/0
Lits n° 6	23,8 0/0	36,5 0/0

9° **Carbone organique.** — Nous remarquons le fait déjà signalé dans nos précédents volumes, à savoir la diminution du carbone organique dans les fosses septiques, sauf pour une période.

Les coefficients d'épuration ont été :

	Rapportés à	
	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.
Lits A	78,4 0/0	73,4 0/0
Lits B	78,3 0/0	73,3 0/0
Lits n° 1	64,5 0/0	56,3 0/0
Lits n° 2	60,0 0/0	50,1 0/0
Lits n° 3	70,5 0/0	63,8 0/0
Lits n° 6	59,9 0/0	50,0 0/0

10° **Alcalinité.** — Les résultats sont analogues à ceux des années précédentes. L'alcalinité augmente légèrement dans l'eau par son passage dans la fosse septique, puis diminue dans les effluents des lits bactériens. La moyenne des résultats pour les périodes correspondantes est la suivante (exprimés en carbonate de chaux) :

			mgr.
Eau brute			425
Effluent des fosses septiques			434
—	lits bactériens	A	314
—	—	B	320
Eau brute			403
Effluent des fosses septiques			418
—	lits bactériens	n° 1	329
—	—	n° 2	354
—	—	n° 3	337
—	—	n° 6	376

La diminution d'alcalinité a été. par rapport à l'eau brute, pour les effluents des lits bactériens, et pour les mêmes périodes, de :

			mgr.
Lits A	25,8 0/0	Nitrates	20,2
Lits B	24,4 0/0	—	12,4
Lits n° 1	18,4 0/0	—	12,6
Lits n° 2	12,2	—	15,3
Lits n° 3	16,2	—	11,6
Lits n° 6	6,7	—	5,4

Ces résultats confirment ceux de l'an dernier montrant que la présence de calcaire dans un lit bactérien n'augmente pas l'alcalinité des effluents.

Nous avons mis en regard des diminutions d'alcalinité les quantités de nitrates produites pendant les mêmes périodes. Ceci nous permet de faire observer que, si la diminution de l'alcalinité est un indice certain de l'importance de l'épuration obtenue, elle ne semble pas être en proportion directe avec la nitrification.

Pendant les périodes d'analyses complètes nous avons dosé, avant et après incubation, les nitrates, nitrites et ammoniaque.

Putrescibilité. — Une méthode très simple de détermination de la putrescibilité est celle basée sur la décoloration du bleu de méthylène. Lorsque les effluents des lits bactériens ren-

Analyse des effluents des lits bactériens avant et après 7 jours d'incubation à 30°.

PÉRIODES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES — AVANT incubation	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES — APRÈS incubation	AMMONIAQUE — AVANT incubation	AMMONIAQUE — APRÈS incubation	NITRATES — AVANT incubation	NITRATES — APRÈS incubation	NITRITES — AVANT incubation	NITRITES — APRÈS incubation
Lit bactérien A.								
Du 7 au 13 Novembre 1909.	1.9	3.1	2.9	1.3	20.0	17.0	1.8	2.1
— 16 au 22 Janvier 1910.	2.8	3.1	5.5	4,9	10.0	9.0	0.3	2.3
— 13 au 19 Mars 1910 . .	1.8	1.9	1.6	0,2	24.9	27.6	0.4	2.2
— 17 au 23 Juillet 1910. .	3.8	3,7	3.5	2.9	25.9	28.9	2.3	6.5
Moyenne.	2.6	3.0	3.4	1.4	20.2	20,6	1.2	3.3
Lit bactérien B.								
Du 7 au 13 Novembre. .	1.9	2,6	3,9	2.2	10.4	10	2.0	2.2
— 16 au 22 Janvier . . .	3.1	3,3	9.5	8.4	traces	0	0.4	0.9
— 13 au 19 Mars . . .	1.9	1.8	1.9	0,3	18.6	16.0	0.6	2,4
— 17 au 23 Juillet . . .	4.0	3,9	4.4	4.7	20.1	18.4	2.6	6.1
Moyenne.	2,7	2,9	4.9	3.8	12.3	11,1	1.4	2.9
Lit bactérien N° 1.								
Du 20 au 26 Février. . .	5,4	3.9	8.5	8.0	8.4	1.2	1.4	0
— 17 au 23 Avril.	6.5	6.8	7,5	7.8	6.0	0.4	2,1	0
— 17 au 23 Juillet. . . .	4.7	4.2	2,4	1.8	25.4	21.0	3.0	1.8
Moyenne.	5.5	5,0	6.1	5.9	12.6	7,5	2.2	0.6
Lit bactérien N° 2.								
Du 20 au 26 Février. . .	5.3	4.6	10.1	9.9	12,6	1,4	1.4	0,5
— 17 au 23 Avril	6.9	6.2	7.6	7,5	7.7	1.3	3.4	0
— 17 au 23 Juillet. . . .	6,6	5,4	5.2	6,0	16.1	5,8	2.8	2.9
Moyenne	6.3	5,4	7.6	7.8	12.1	2,8	2.5	1.1
Lit bactérien N° 3.								
Du 20 au 26 Fevrier. . .	2.6	2.3	3.5	2.4	20.0	17.6	3,0	6.1
— 17 au 23 Avril	3,7	3.1	5,2	4,7	7.4	7,6	2.2	2.4
— 17 au 23 Juillet. . . .	4.5	3.7	6.9	6.8	6.4	3.3	0.8	1.9
Moyenne.	3,6	3.0	5,2	4,6	11.3	9.5	2.0	3,4
Lit bactérien N° 6.								
Du 20 au 26 Février. . .	6,4	8.2	12.3	12,4	1,7	1.1	0.2	0
— 17 au 23 Avril	7.1	8.4	9,0	5.4	0	0	1.9	0
— 17 au 23 Juillet. . . .	6,2	4.7	6,2	6,7	14.5	4.1	2.4	6.7
Moyenne.	6.6	7.1	9,2	8.2	5.4	1.7	1,5	2,2

ferment une quantité de matières organiques supérieure à celle qui peut être oxydée par l'oxygène utilisable contenu dans l'eau sous forme d'oxygène libre, de nitrates et de nitrites, il se produit au bout d'un temps variable des actions de réduction qui amènent la décoloration du bleu de méthylène.

Aux États-Unis, où cette méthode est très employée, on expose les eaux, colorées en bleu, contenues dans des flacons bouchés à l'émeri, à l'étuve à 30 degrés, et on note s'il y a décoloration au bout de 24 heures. Dans le tableau ci-dessous nous avons donné dans la colonne R le rapport du nombre des échantillons décolorés en 24 heures au nombre total des échantillons examinés :

Putrescibilité (essai au bleu de méthylène).

	Lit n° 1.		Lit n° 2.		Lit n° 3.		Lit n° 6.	
Dates.	C	R	C	R	C	R	C	R
Février 1910. .	2,3	3/28	3,4	4/28	0	0/28	5,0	16/28
Mars 1910 . . .	2,7	2/23	1,7	0/23	0	0/23	3,9	4/23
Avril 1910. . .	2,4	2,25	2,7	1/25	0,4	0/25	5,8	8/15
Mai 1910. . . .	3,2	1/11	0,7	0/31	2,7	2/31	0	0/16
Juin 1910 . . .	0	0/18	0	0/24	1,8	3/24	0	0/24

Mais il arrive fréquemment que des effluents sont décolorés au bout d'un temps plus long; il peut être admis cependant qu'au bout de 7 jours on n'observe plus de décoloration. Nous avons calculé un coefficient établi de la façon suivante : nous avons attribué le nombre 7 aux échantillons décolorés en 1 jour, 6 en 2 jours, etc., 1 à ceux décolorés en 7 jours, 0 à ceux non décolorés après 7 jours. Les moyennes des nombres ainsi obtenus sont données dans la colonne C du tableau. Le nombre moyen de jours nécessaire pour observer la décoloration sera obtenu par la soustraction $7 - n$, n étant le nombre porté au tableau.

On voit facilement que ce coefficient permet bien de se rendre compte des résultats d'épuration obtenus. Mais cette connaissance sera intéressante seulement pour les effluents qui sont peu ou pas dilués immédiatement après leur évacuation; au contraire lorsque la dilution est déjà assez importante le rapport R est très suffisant.

Des expériences effectuées pendant l'année 1909-1910, nous

pouvons tirer certaines indications sur l'épuration biologique des eaux d'égout.

Les *fosses septiques* de la Madeleine jouent le rôle pour lequel elles ont été construites : elles assurent la décantation des matières en suspension et la solubilisation de la partie organique aisément putrescible de ces matières, ce qui rend leur maniement presque inoffensif, car les boues dégagent très peu d'odeurs au moment de leur extraction des fosses et elles se sèchent beaucoup plus rapidement que les boues fraîches lorsqu'elles sont déposées sur un sol perméable.

Cependant, bien que la décantation soit aussi parfaite qu'on puisse l'obtenir pratiquement, nous pensons qu'il sera toujours avantageux d'interposer entre les fosses septiques et les lits bactériens une fosse de décantation, type Dortmund comme celle construite au Mont-Mesly(1), ou un système de dégrossissage tel que celui de Puech-Chabal, ce qui évitera non seulement le colmatage des lits bactériens à plus ou moins longue échéance, mais encore l'obstruction des orifices des appareils de répartition de l'effluent à la surface des lits bactériens.

Lit ancien. — Comme nous l'avons dit plus haut, ce lit était composé uniquement de scories. Malgré le criblage auquel ces scories ont été soumises lors de la construction des lits, on a constaté un effritement très notable de celles-ci, non seulement dans la partie superficielle du lit, mais dans toute sa masse. Ces scories proviennent des foyers des générateurs des usines de Lille et des environs; elles représentent les résidus de charbons de qualité inférieure qui n'ont pas été portés à une température suffisante pour être vitrifiés; aussi sont-elles très friables. Nous sommes persuadés que les frais supplémentaires d'achat de scories plus résistantes, scories de hauts fourneaux ou de verreries, seraient compensés et au delà par la durée de ces matériaux sans exiger de remaniements.

Cet effritement des scories nous a obligé à plusieurs reprises à faire procéder au piochage du lit pour éviter la formation de voies (ou *renards*) permettant un passage trop

(1) Voir pages 52 et 56.

rapide des eaux au travers du lit. Quoi qu'il en soit, malgré cette défectuosité, dont nous connaissons la cause et le remède, les résultats d'épuration ont été presque constamment excellents.

Lits A et B. — Depuis décembre 1908, date de leur mise en fonctionnement, les matériaux des lits n'ont subi aucun remaniement. Les drains pour la répartition des eaux à la surface du lit B ont été seulement remplacés par des tubes en fonte perforée.

Nous avions en effet remarqué que la répartition au moyen des drains est très difficile à réaliser et, par suite, les résultats d'épuration sont toujours moins parfaits que, lorsqu'on emploie les tubes en fonte perforée. Nous pensons que chaque fois qu'on pourra disposer d'une pression suffisante, qui nous fait défaut à la Madeleine, on aura avantage à garnir les orifices de ces tubes avec des ajutages permettant la pulvérisation. Nous sommes aussi persuadés que l'adjonction de ces ajutages ne dispense pas de prévoir des bassins avec siphons de chasse qui règlent d'une façon automatique les périodes courtes d'arrosage. Cette méthode de travail nous semble de beaucoup préférable à celle qui consiste en longues périodes alternatives (de plusieurs heures ou même d'un jour) d'alimentation et de repos.

Lit n° 1. — Nous avons déjà indiqué les modifications que nous avons dû apporter à ce lit dès le début. Malgré cela les résultats d'épuration ont été constamment inférieurs à ceux constatés pour les lits de scories soit seules, soit mélangées de calcaire, et ne confirment pas ceux obtenus l'an dernier dans un petit appareil. Il y a donc lieu de faire des réserves prudentes sur l'emploi de la tourbe comme matériaux de construction des lits bactériens.

Lit n° 2. — L'effluent de ce lit composé de briques cassées et de morceaux de calcaire n'a pas été épuré d'une façon aussi parfaite que celui d'un lit de scories ou même d'un lit à tourbe; cependant l'épuration est suffisante lorsque les circonstances locales n'exigent pas le rejet d'un effluent de très

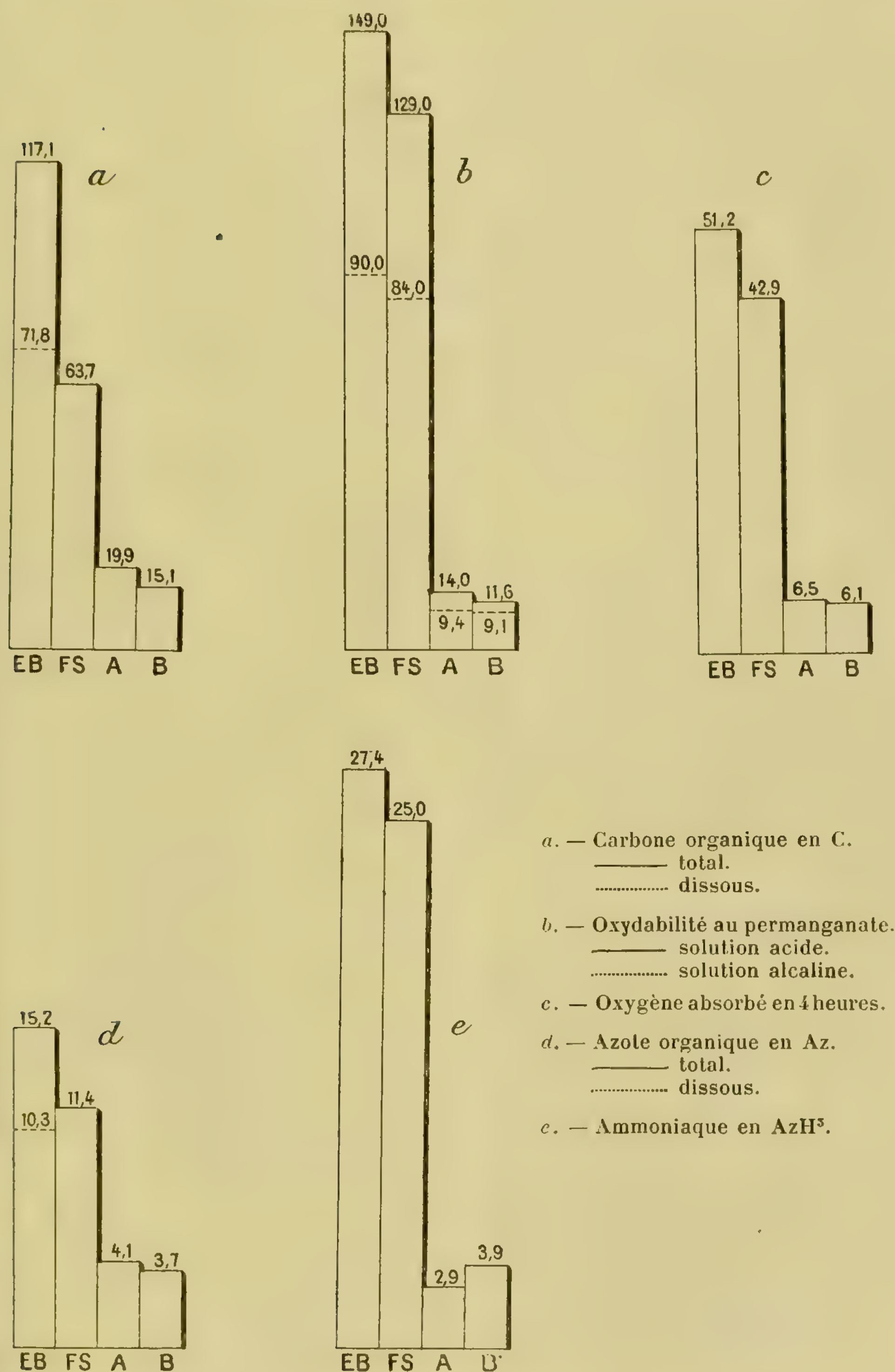
grande pureté. Ce résultat est intéressant, car il permet l'emploi de briques ou de pierres ayant à peu près la même porosité pour la construction des lits bactériens dans les contrées éloignées des lieux de production de scories utilisables ou de pouzzolanes ou scories volcaniques.

Lit n° 3. — C'est le lit ancien conservé et dont nous avons parlé plus haut.

Lit n° 6. — Le lit de cellules de briques remplies de tourbe et calcaire ne nous a pas donné les résultats que nous en attendions. Uniquement formé de cellules au début, il laissait échapper les eaux si rapidement que l'épuration était très faible. Actuellement les cellules subsistent sur 1 mètre de hauteur et sont recouvertes d'une couche de scories de 0^{m},40. Cette dernière modification a amélioré les résultats, mais sans que le degré d'épuration puisse égaler celui obtenu dans le lit de briques et calcaire.

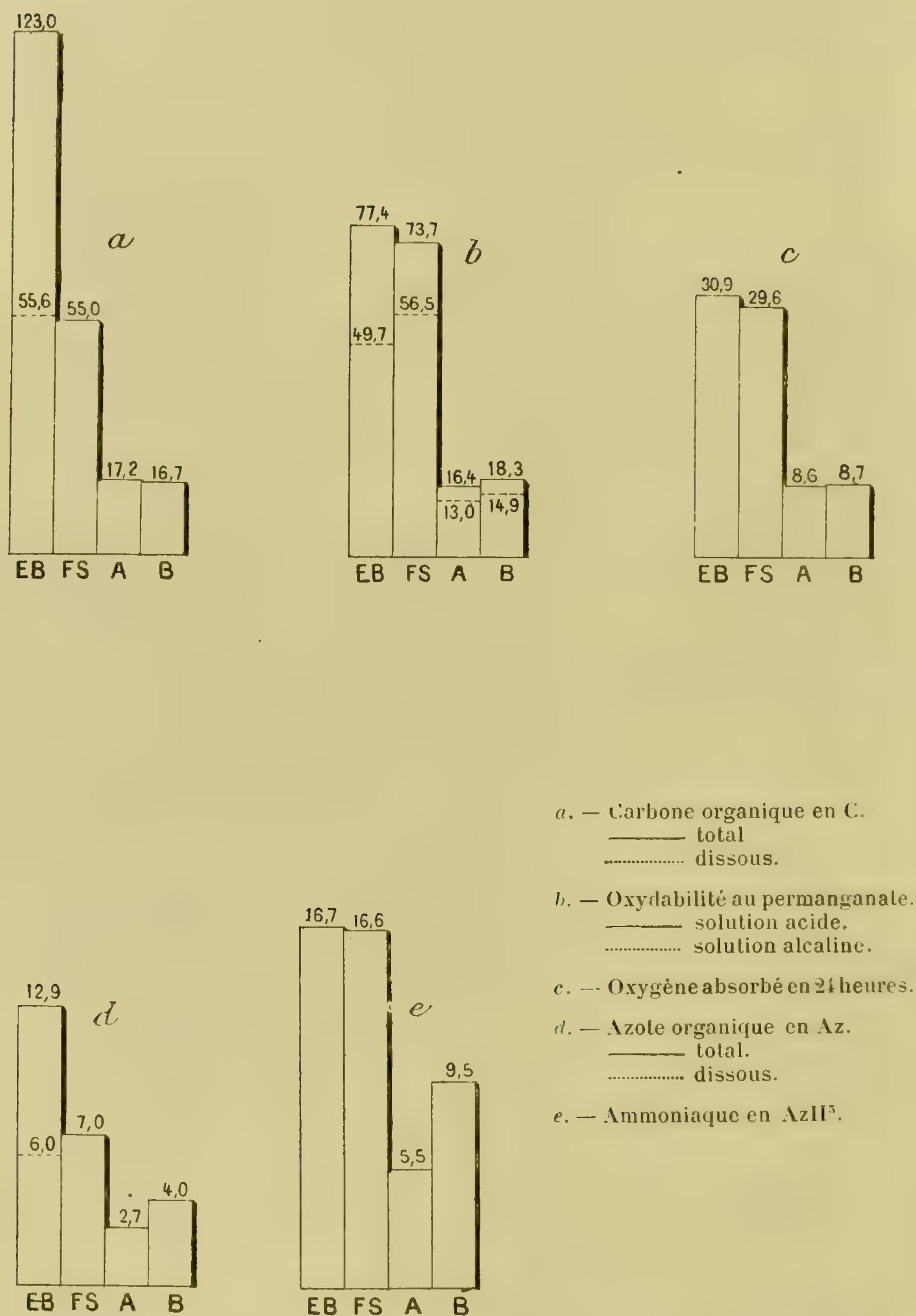
En résumé, actuellement, d'après le degré d'efficacité des matériaux pour épurer les eaux d'égout, le système de répartition des eaux à la surface des lits étant le même, nous pouvons établir l'ordre suivant :

1. Lits bactériens de scories et calcaire.
2. — scories.
3. — tourbe et calcaire.
4. — briques et calcaire.
5 — cellules de briques avec tourbe et calcaire.



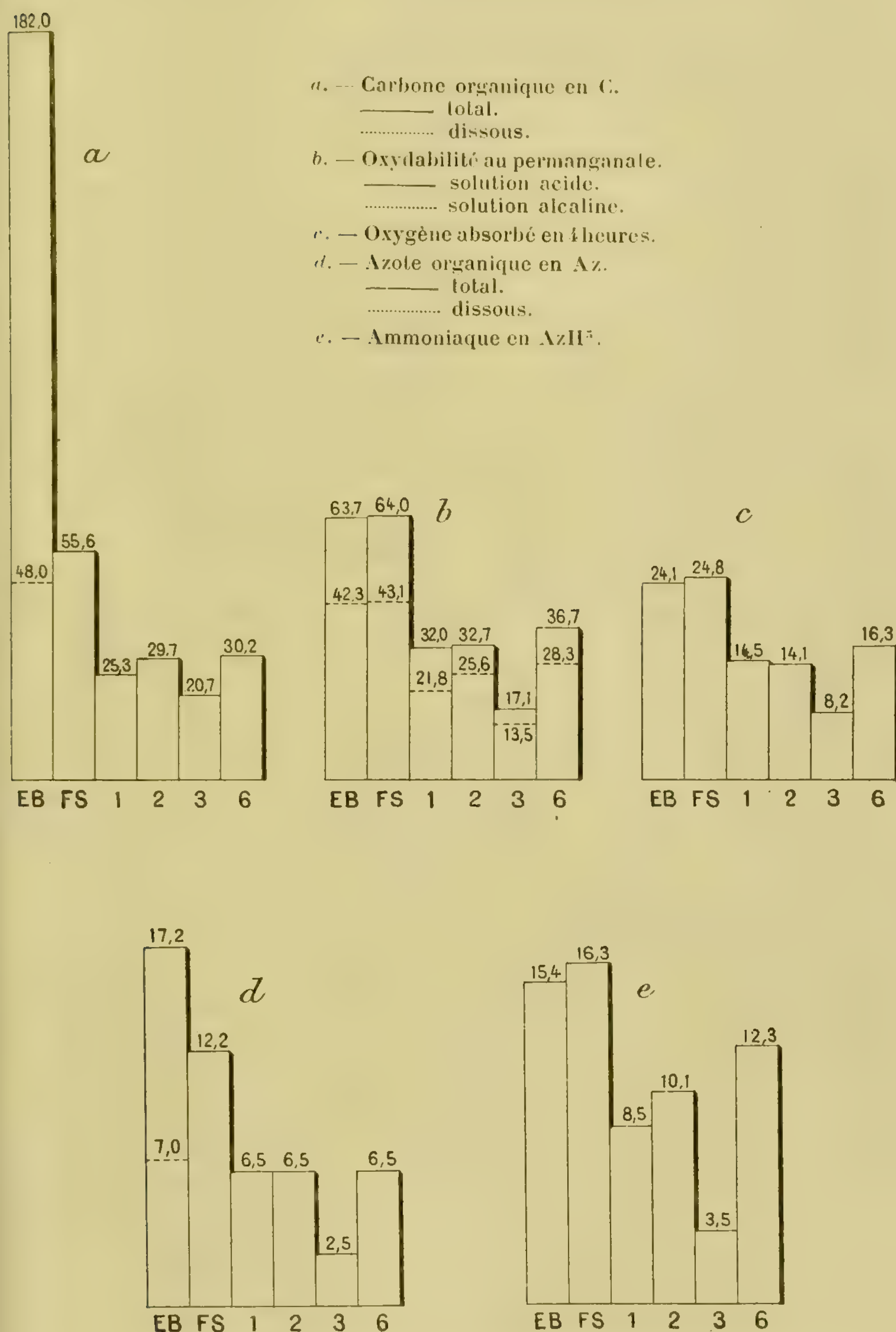
Graphique n° 5. — Analyses du 7 au 13 novembre 1909.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — A. Effluent des lits bactériens A.
B. Effluent des lits bactériens B.



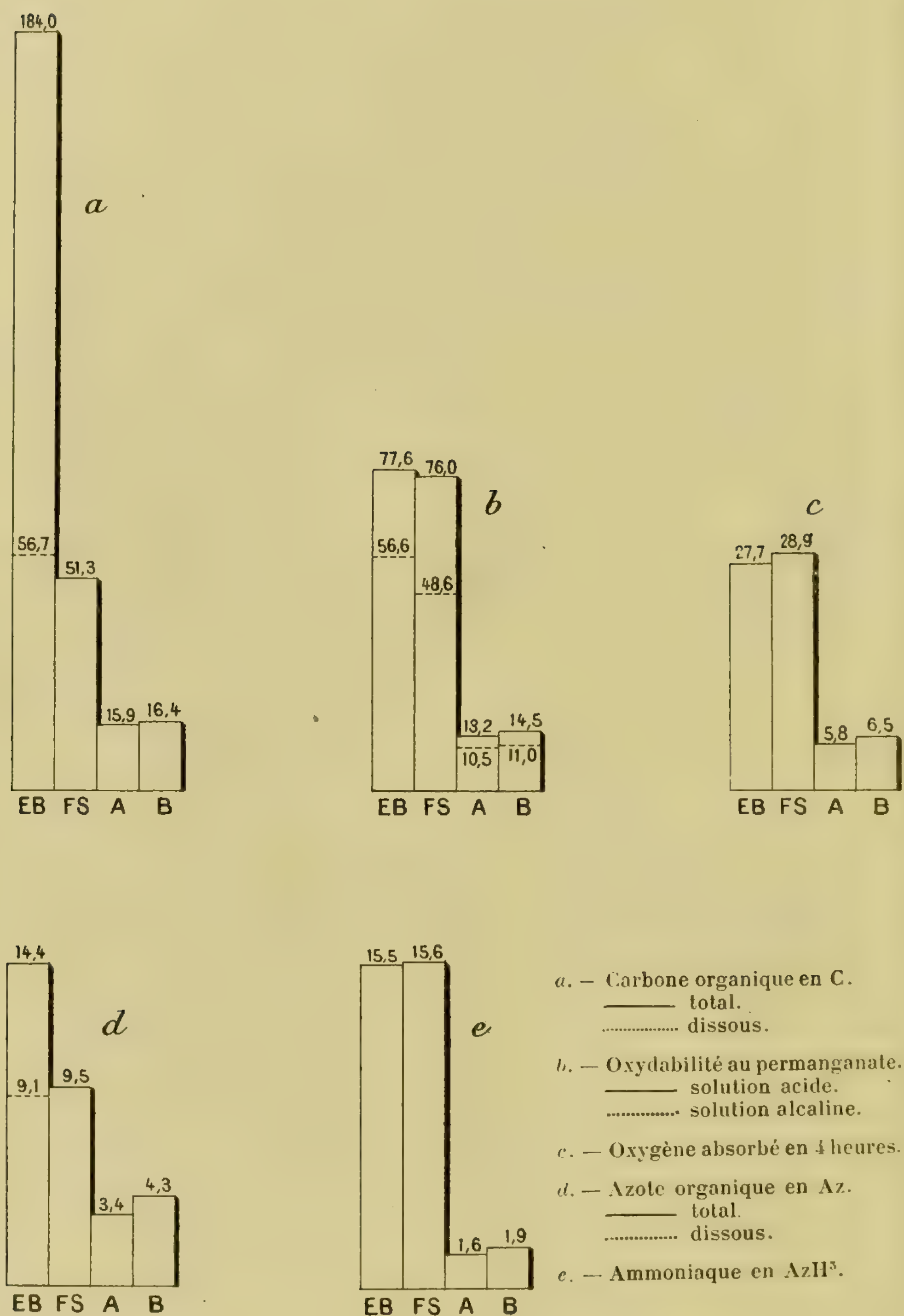
Graphique n° 6. — Analyses du 16 au 22 janvier 1910.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — A. Effluent des lits bactériens A.
B. Effluent des lits bactériens B.



Graphique n° 7. — Analyses du 20 au 26 février 1910.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — 1. Effluent des lits bactériens n° 1. 2. Effluent des lits bactériens n° 2. — 3. Effluent des lits bactériens n° 3. — 6. Effluents des lits bactériens n° 6.

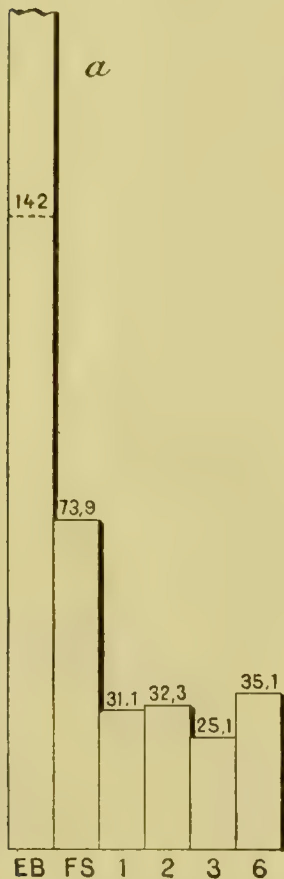


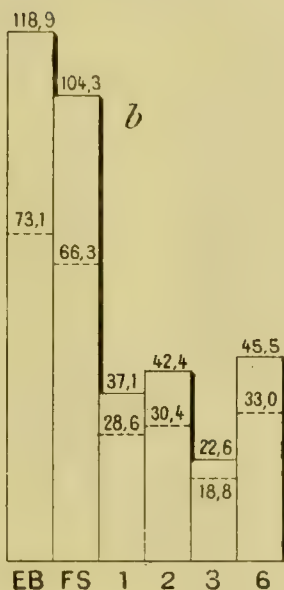
Graphique n° 8. — Analyses du 15 au 19 mars 1910.

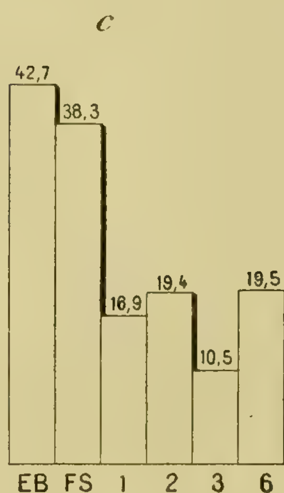
EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — A. Effluent des lits bactériens A. — B. Effluent des lits bactériens B.

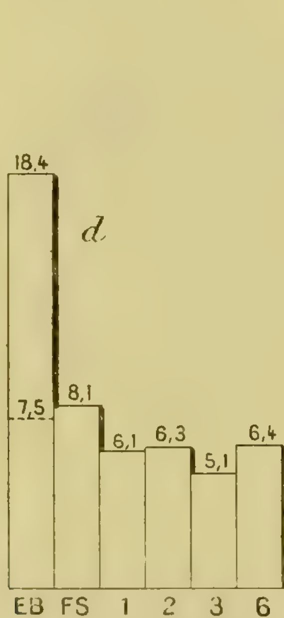
a. — Carbone organique en C.
——— total.
.... dissous.
b. — Oxydabilité au permanganate.
——— solution acide.
.... solution alcaline.
c. — Oxygène absorbé en 4 heures.
d. — Azote organique en Az.
——— total.
.... dissous.
e. — Ammoniaque en AzH^3.

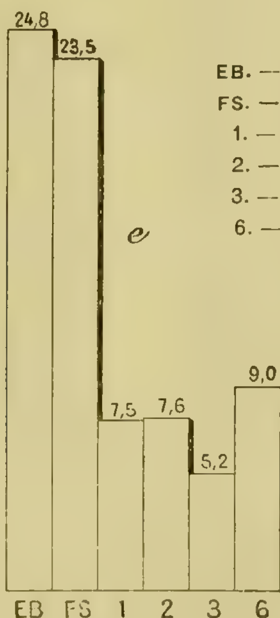






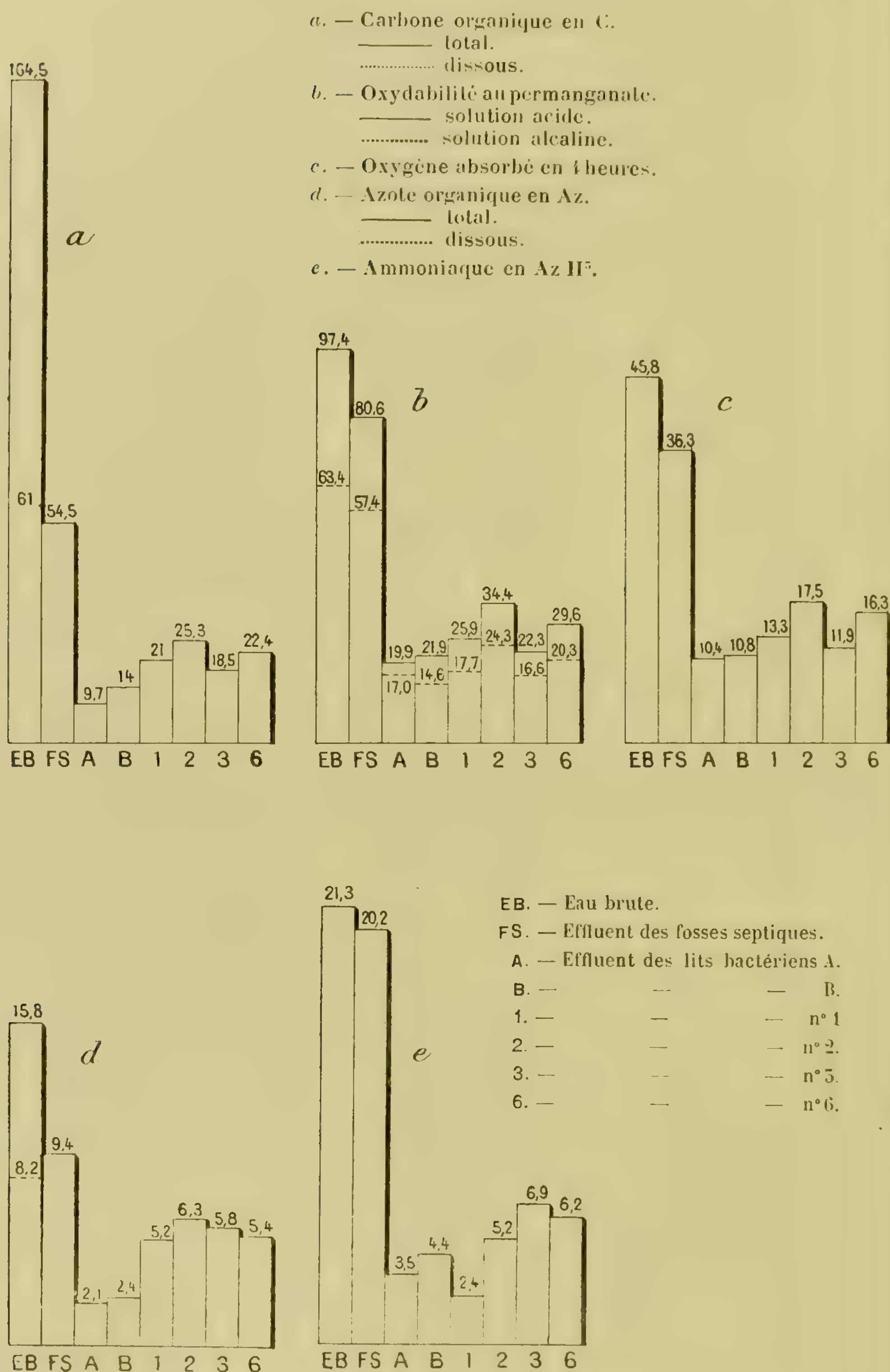




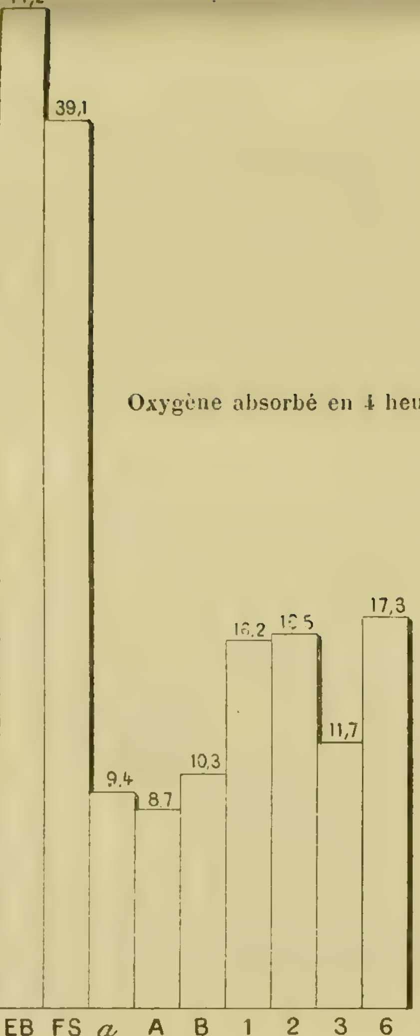


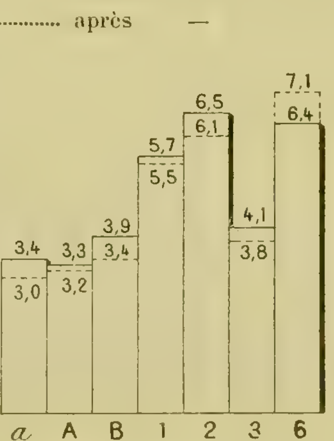
EB. — Eau brute.
FS. — Effluent des fosses septiques.
1. — Effluent des lits bactériens n° 1.
2. — — — n° 2.
3. — — — n° 3.
6. — — — n° 6.

Graphique n° 9. — Analyse du 17 au 23 avril 1910.



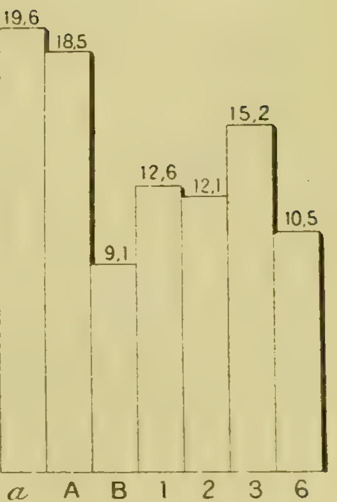
Graphique n° 10. — Analyse du 16 au 22 juillet 1910.





EB. — Eau brute.
FS. — Effluent des fosses septiques.
a. — — des lits bactériens anciens.
A. — — — — A.
B. — — — — B.
1. — — — — N° 1.
2. — — — — N° 2.
3. — — — — N° 3.
6. — — — — N° 6.





Graphique n° 11. — Moyennes annuelles.

CHAPITRE III

ASSAINISSEMENT DES COURS D'EAU

Nous avons à plusieurs reprises montré qu'il est indispensable que les installations d'épuration d'eaux d'égout et d'eaux résiduaires industrielles soient soumises à un contrôle. Pour faciliter ce contrôle, certaines autorités anglaises ont cru utile de donner des règles fixes indiquant les quantités maxima de certains composés qui peuvent être tolérées dans un effluent au moment de son déversement dans le cours d'eau.

Nous ne saurions trop nous élever contre l'adoption de ces règles fixes, car si l'on doit désirer que l'épuration soit poussée le plus loin possible, il n'est pas toujours indispensable qu'elle soit parfaite pour éviter la pollution des cours d'eau. On évitera ainsi des dépenses hors de proportion avec le but à atteindre.

Déjà, dans son rapport de 1901, la Commission royale anglaise émettait l'opinion suivante : « Nous considérons qu'il est de la plus haute importance d'employer les moyens les plus simples pour protéger d'une façon efficace les cours d'eau, et nous pensons de plus qu'il sera désirable, probablement pour quelque temps encore, que des expériences scientifiques soient entreprises afin de déterminer les dangers réels contre lesquels les rivières doivent être protégées. Dans l'état actuel de nos connaissances, spécialement en bactériologie, il est difficile d'estimer ces dangers avec quelque sûreté, et il semble qu'ils sont souvent exagérés ou diminués suivant les préventions de ceux qui ont à les examiner. Une autorité, guidée par des considérations médicales, peut naturellement

être disposée à exiger une pureté qui n'est pas nécessaire, tandis qu'une autre autorité, qui n'envisage que l'économie, peut se refuser à prendre les précautions essentielles. »

Depuis, dans son cinquième rapport, la Commission royale anglaise a reconnu que le taux de purification des eaux d'égout à exiger pour une agglomération ou pour une industrie doit être fixé suivant les circonstances locales, telles que la situation géographique, le rapport du volume de l'effluent au débit de la rivière qui le reçoit, etc....

Les dommages que peut causer le déversement d'un effluent d'eau d'égout insuffisamment épuré ont été résumés par J.-T. Thompson :

1° Diminution de l'aération de l'eau de la rivière;

2° Introduction d'une substance toxique pour les poissons ou pour les êtres vivants buvant cette eau;

3° Déversement de matières en suspension plus ou moins putrescibles, pouvant s'accumuler dans le lit ou sur les bords de la rivière et causer des nuisances;

4° Déversement de bactéries d'origine intestinale, dont certaines peuvent faire naître des épidémies.

L'importance de ces dommages est différente si l'eau de la rivière dans laquelle est déversé l'effluent est ou non utilisée pour l'alimentation et les usages domestiques. Les trois premiers rendent impossible la vie aux poissons et dans certains cas le troisième cause une nuisance très désagréable pour les riverains par suite du dégagement de gaz à odeur nauséabonde.

Le quatrième dommage a une grande importance car, si les villes populeuses qui puisent l'eau potable dans les rivières peuvent inscrire à leur budget les sommes nécessitées par la stérilisation des eaux qu'elles distribuent aux habitants, il n'en est pas de même pour les petites agglomérations et pour les riverains.

Cependant il ne faut pas exagérer les devoirs des municipalités, et si l'on admet que la souillure d'une rivière est le fait des villes ou des industries, on ne peut exiger de celles-ci qu'elles rendent à la rivière une eau plus pure que celle qu'elles peuvent y puiser.

Les effluents épurés doivent être examinés à deux points de

vue : la putrescibilité et la teneur en matières en suspension.

La détermination directe de la *putrescibilité* exige un assez long délai : on peut réduire le temps d'observation par l'addition de bleu de méthylène, comme nous l'avons indiqué plus haut, et connaître ainsi la stabilité de l'effluent, du moins sa stabilité relative, c'est-à-dire sa résistance à la putréfaction. Il reste à trouver une méthode rapide et simple permettant de déterminer la quantité d'oxygène nécessaire à la minéralisation de la matière organique, car nos méthodes actuelles sont assez délicates et demandent l'intervention d'un chimiste ayant une grande pratique de ces analyses.

Aussi Thresh a proposé de déterminer la stabilité d'un effluent par deux épreuves. Il estime d'abord ce qu'il appelle le *trouble relatif* en versant l'effluent bien agité dans un cylindre gradué posé sur un disque blanc marqué de carrés noirs jusqu'à ce qu'il soit impossible de distinguer ces carrés. La hauteur de liquide ne doit pas excéder 100 millimètres. Si on divise 1 000 par le nombre de millimètres on a le trouble relatif : ainsi pour une hauteur de liquide de 125 millimètres le trouble relatif sera 8, pour une hauteur de 80 millimètres il sera de 12,5.

L'autre épreuve est la détermination de l'*oxygénation relative* : c'est la comparaison de la quantité d'oxygène contenu dans l'effluent avec la quantité d'oxygène contenu dans ce même effluent vigoureusement agité, qui est admise comme égale à 10. On remplit donc exactement deux flacons de 150 centimètres cubes, l'un avec l'effluent, l'autre avec l'effluent aéré. A chacun on ajoute une pastille de soude caustique et quelques centigrammes d'acide pyrogallique. On bouche soigneusement en évitant de laisser une bulle d'air dans les flacons et on agite jusqu'à dissolution des réactifs. Il se produit une coloration rouge-brun dont on compare l'intensité dans les deux flacons. Avec un peu de pratique on peut évaluer les différences; mais on obtient plus facilement ce résultat en comparant avec des solutions de caramel dont les colorations sont, l'une égale à celle de l'effluent aéré tandis que les autres diminuent d'intensité de 10 à 1. Lorsque la coloration est au-dessous de 5, on peut considérer l'effluent comme mal

épuré. Il est entendu que les effluents doivent être prélevés peu de temps avant cet essai.

L'auteur ajoute que cette méthode n'a pas la prétention de remplacer les méthodes chimiques donnant des résultats plus précis ; mais la pratique qu'il en a lui permet d'affirmer qu'elle peut donner d'utiles indications pour la conduite d'une installation d'épuration d'eaux d'égout.

La détermination de la quantité de *matières en suspension* est très délicate, car si un repos de quelques heures permet souvent de les séparer, lorsque l'effluent est insuffisamment épuré, après 24 ou 48 heures, les matières colloïdales se déposent, ce qui en augmente la teneur. Thompson propose de les déterminer par différence entre l'extrait de 250 centimètres cubes d'effluent et celui d'un même volume filtré sur un tampon lâche de coton de verre, qui ne retient pas les matières colloïdales comme le fait le papier.

La quantité de ces matières peut être très importante lorsqu'il s'agit d'une grande ville, ainsi à *Leeds* 10 milligrammes par litre d'effluent représentait un déversement de 760 kilogrammes par jour dans la rivière, d'où envasement du lit et dragage indispensable s'il y a de la navigation. De plus, ces matières en suspension sont quelquefois putrescibles ; aussi est-il nécessaire de les retenir autant que possible. Nous verrons plus loin le dispositif adopté pour cela à la station du *Mont Mesly* (Département de la Seine).

Dans un cinquième rapport, la Commission royale anglaise a proposé la création d'une autorité chargée d'établir la nature des déterminations analytiques, mais en laissant aux conseils municipaux et aux conseils de surveillance des cours d'eau, le soin de fixer les types d'épuration suivant les circonstances locales. Comme le fait remarquer Thompson, il est probable que les membres de ces conseils n'ayant pas de connaissances suffisantes en épuration d'eaux d'égout et en hygiène, s'en rapporteront à un fonctionnaire qui pourra être un médecin, un ingénieur ou un chimiste, ce qui entraînera une grave responsabilité que ce fonctionnaire acceptera difficilement.

Il serait plus désirable que l'Autorité centrale détermine non seulement les méthodes, mais fixe les *types* qui doivent être

obtenus dans les différentes parties des cours d'eau, car cette « Autorité » aura une meilleure expérience et sera au courant des derniers développements du problème de l'épuration des eaux d'égout. En même temps elle pourra être consultée par les communes trop petites pour appointer un homme capable de conduire l'épuration de leurs eaux d'égout. Autrement le Conseil de surveillance des rivières condamnera la commune, laissant celle-ci résoudre les difficultés comme elle le pourra et alors elle suivra le plus souvent les conseils d'un industriel, ce qui pourra entraîner à des dépenses inutiles.

Effet des effluents dans les cours d'eau. — G. J. Fowler a développé sur ce sujet certaines considérations que nous croyons intéressant de résumer.

De même que, pendant la période pendant laquelle, avec la précipitation chimique, on ne s'occupait que de la clarification obtenue et non de la composition chimique du liquide clarifié, de même pendant les six dernières années tous les efforts ont été dirigés vers la minéralisation de la matière organique dissoute, avec production de nitrates, sans considérer beaucoup les possibilités de réabsorption de ces produits dans le cycle de la vie organique. Lorsque le traitement est terminé par l'irrigation terrienne, ces composés minéraux sont ordinairement absorbés.

Dans la majorité des cas, les effluents non putrescibles sont rejetés à la rivière sans autre traitement. Lorsqu'il y a une grande dilution, il ne se produit aucun mauvais effet, même si l'épuration n'a pas été complète. Dans d'autres cas, assez nombreux, les effluents, satisfaisants comme minéralisation de la matière organique et par conséquent imputrescibles, sont cependant capables de favoriser le développement d'une quantité considérable d'organismes vivants qui, par suite, peuvent se décomposer et produire une nuisance. La matière minéralisée est de fait rentrée dans le cycle organique.

Un exemple classique à ce sujet est celui de Belfast, où les recherches du Dr Letts ont montré qu'une espèce d'algue est capable d'absorber l'azote, non seulement de l'eau d'égout brute, mais encore de l'ammoniaque et des nitrates des effluents des lits bactériens. La décomposition de ces algues est cause

d'une nuisance très sérieuse par suite de la production d'hydrogène sulfuré.

Les champignons peuvent être un indice sensible de pollution et même ces différences entre les causes de pollutions sont déterminées par le caractère des cultures. Il y a des années cela a été signalé par Santo Crimp et remarqué surtout dans les irrigations terriennes ; l'effluent de l'irrigation terrienne doit à Birmingham, d'après Watson, être passé par des grilles pour retenir ces filaments avant d'être rejeté à la rivière.

On peut enrayer temporairement ces cultures par la stérilisation, mais c'est un procédé coûteux et qui peut être dangereux pour les poissons s'il est employé sans soins. D'un autre côté on sait que beaucoup de cultures de champignons servent d'habitat pour les larves, les petits vers et de nombreuses formes de crustacés. Le développement de larves de moustiques est à considérer sérieusement; cependant ces larves servent à la nourriture des poissons et, aux champs d'épandage de Berlin, on a établi de grands étangs dans lesquels les carpes et autres poissons atteignent de fortes dimensions.

Il est maintenant reconnu qu'il est nécessaire de prévoir, après les lits bactériens, des bassins de décantation pour retenir les matières en suspension entraînées ; il serait intéressant de considérer si ces bassins ne peuvent pas être agrandis sous forme d'aquariums dans lesquels on cultiverait des plantes d'eau pour maintenir la provision d'oxygène dissous. Des essais ont été faits en ce sens à Hofer et on a donné le poids des poissons obtenus. Les études de Marsson ont montré que lorsque l'effluent a été suffisamment épuré pour permettre la vie des petits crustacés, il y a une nourriture suffisante pour le poisson.

Il est possible, comme l'a signalé James Crichton Browne, qu'il résulte une considérable diminution du nombre des bactéries par le repos, comme l'a montré le Dr Houston pour les eaux potables. Le coût de cette retenue pourrait être compensé par la vente du poisson et on aurait ainsi réalisé le cycle complet de la matière organique, dangereuse d'abord, puis minéralisée et enfin revenant à la forme vivante, au lieu que, actuellement l'effluent passe dans la rivière avec toutes

les contingences qui peuvent survenir. La suggestion d'un établissement de pisciculture alimenté par l'eau d'égout a déjà été donnée par le Dr Letts, pour éviter la nuisance due aux algues à Belfast et il y a bien des cas où sans grande difficulté on pourrait le créer. Un cas typique serait celui où la terre étant imperméable serait creusée pour obtenir un étang dans lequel une partie d'un cours d'eau pourrait être dérivé pour se mélanger à l'effluent. Une telle méthode peut être considérée comme équivalente à l'irrigation terrienne finale de l'effluent.

G. J. Fowler. Standards of purification of sewage disposal effluents (*Eng. Rec.*, 11 Déc. 1909, p. 667).
J. C. Thresh, Standards for sewage effluents (*San. Rec.*, 16 Déc. 1909, p. 569).
J. T. Thompson, Standards of purification for sewage effluents (*J. of the Royal Institute of Public Health*, Janv. 1910, p. 57).

CHAPITRE IV

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN FRANCE

Aidés de quelques hygiénistes convaincus comme nous des avantages que présente l'épuration biologique artificielle sur tous les autres procédés de traitement des eaux d'égout, nous faisons depuis plus de huit années les plus grands efforts pour que les villes françaises, dont l'assainissement est à l'étude, profitent de l'expérience acquise soit en Angleterre, en Allemagne et aux États-Unis, dans les nombreuses installations que comptent déjà ces trois grands pays, soit dans nos stations expérimentales.

C'est pour nous une joie de constater que ces efforts n'ont pas été vains.

Nous sommes encore très distancés surtout par nos voisins d'Outre-Manche, mais depuis deux ou trois ans nos municipalités, nos industriels, nos ingénieurs sanitaires se préoccupent activement des conséquences graves qu'entraîne la pollution des rivières et des nappes aquifères souterraines par les déversements d'eaux résiduaires non épurées.

Au commencement de cette année 1910, la Société de Médecine publique et de Génie sanitaire a pris l'initiative d'une enquête en vue de dresser la liste des villes et des établissements collectifs dotés d'un système d'épuration biologique artificielle en fonctionnement régulier. Des renseignements qui ont été ainsi recueillis et de ceux qui nous sont parvenus plus récemment, il résulte que 51 installations définitives — la plupart il est vrai de minime importance, — existent actuellement (décembre 1910). Nous donnons ci-après une description succincte de chacune d'elles.

A. — Installations expérimentales.

1. *La Madeleine* lez Lille (Nord).
2. Jardin modèle de *Gennevilliers* à Asnières (Seine).
3. *Clichy* (Seine). Installation établie par la Société générale d'épuration et d'assainissement, directeur, M. B. Bezault.
4. Exposition d'hygiène sociale de *Tourcoing* (Nord). Abandonnée après un an de fonctionnement satisfaisant (1906).

B. — Installations définitives.

1. TOULON (Var). — Dans le troisième volume de ces recherches (pag. 171) nous avons décrit le plan d'épuration

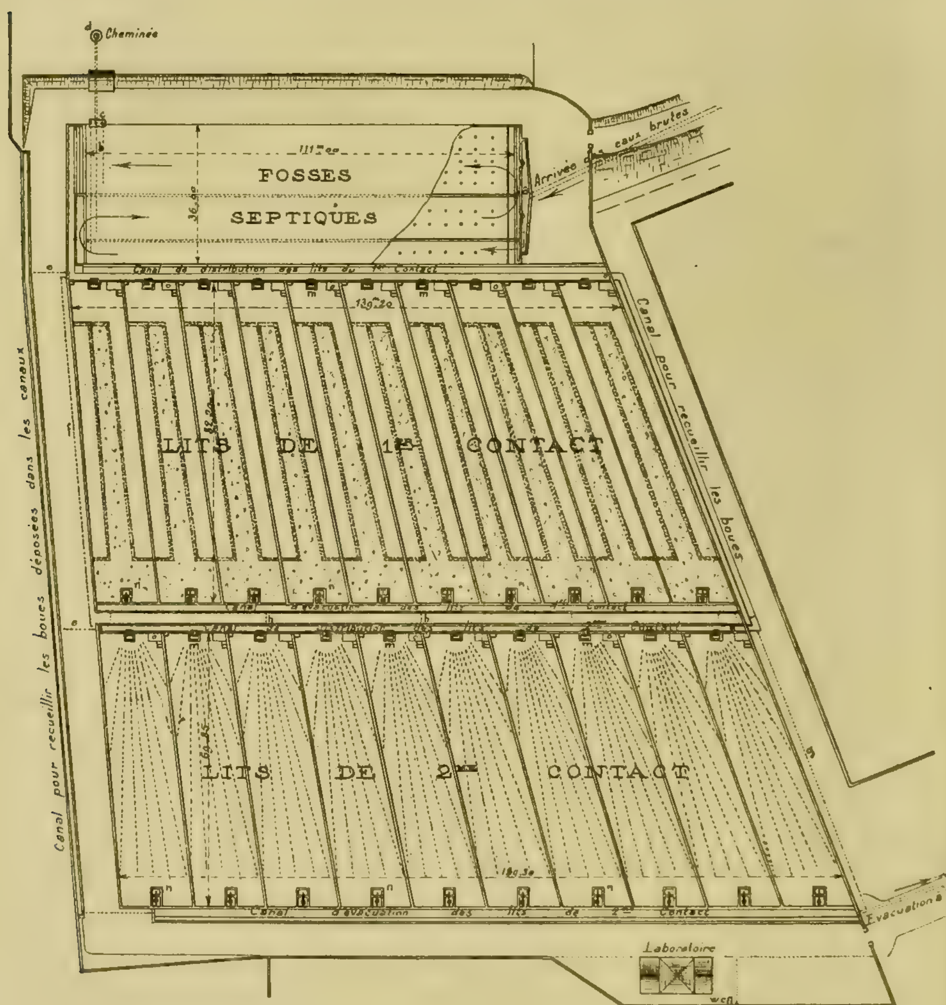


Fig. 1. — Station d'épuration des eaux d'égout de Toulon, à Lagoubran (plan).

des eaux de la ville de Toulon réalisé par MM. *Valabrègue et Maliquet*, ingénieurs à Toulon. Nous ne reviendrons pas sur l'assainissement proprement dit de la ville par système séparatif. Nous reprendrons seulement la description de la station d'épuration de Lagoubran, qui est en fonctionnement régulier depuis deux années (fig. 1 et 2).

On a estimé que le volume total des eaux usées d'une ville de 100000 habitants peut être évalué à 11000 mètres cubes



Fig. 2. — Station d'épuration des eaux d'égout de Toulon, à Lagoubran (vue générale).

par 24 heures. La capacité totale des fosses septiques et des lits bactériens de premier et de second contact a été établie pour un débit de 12000 mètres cubes. Ce volume considérable ne représente qu'un maximum qu'on ne réalisera que dans un avenir assez lointain.

De 200 mètres cubes au début, le volume d'eau traité par 24 heures est actuellement de 4 à 6000 mètres cubes.

L'épuration biologique comprend un traitement préliminaire par fosses septiques et l'épuration proprement dite sur lits bactériens de contact (fig. 3 et 4).

Fosses septiques. — Les fosses septiques, cimentées et recouvertes d'une voûte en ciment armé, au nombre de 3,

cubent respectivement 2100, 3500 et 6600 mètres cubes, soit au total 12 200 mètres cubes.

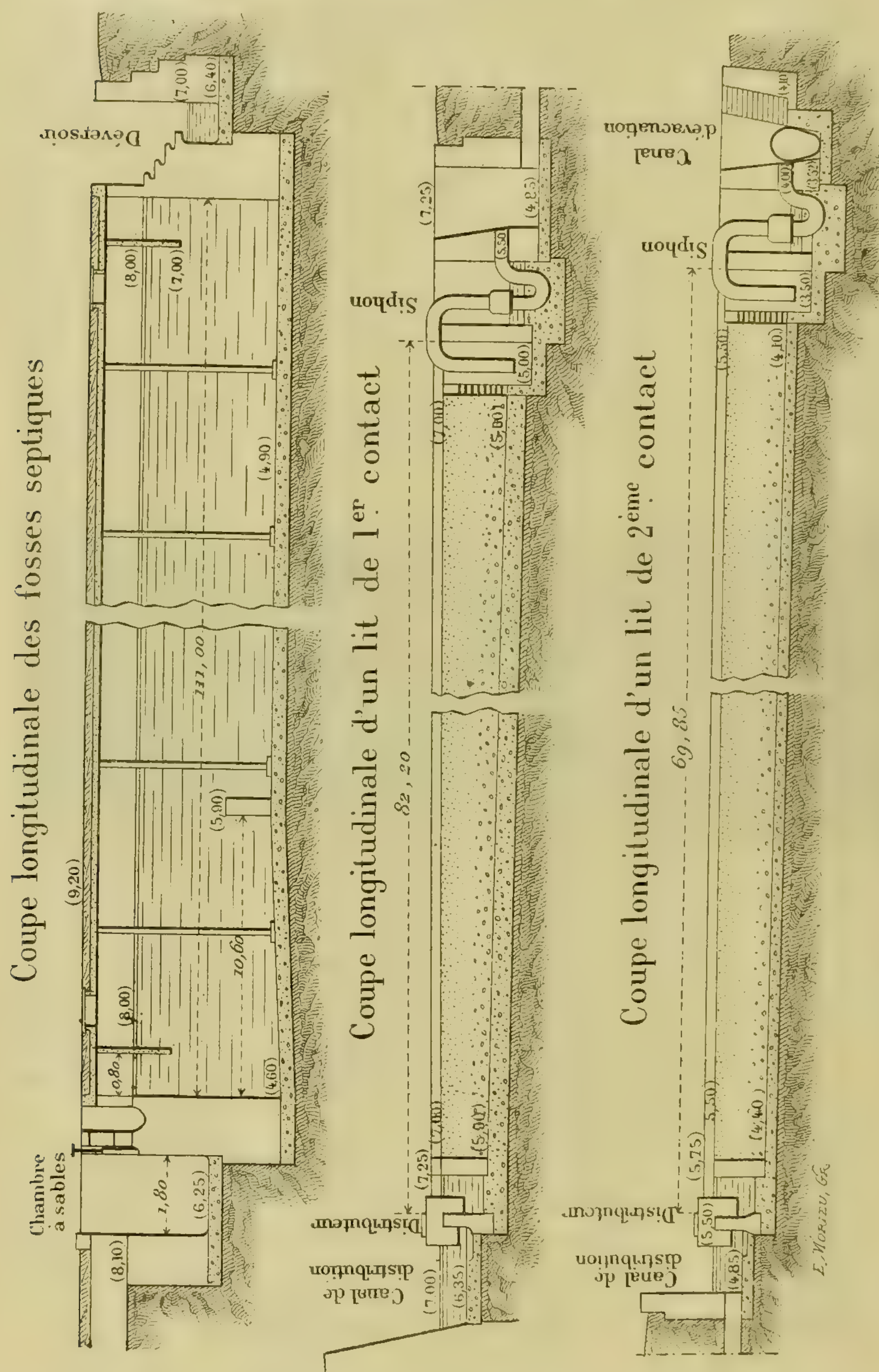


Fig. 5. — Station d'épuration des eaux d'égout de Toulon, à Lagoubran.

Les eaux résiduaires, dont le débit est réglé par la marche des pompes, arrivent d'abord dans une *chambre à sable* pour

la décantation des matériaux lourds, et passent ensuite dans un canal de distribution qui borde les fosses septiques.

Au début, les 3 fosses fonctionnaient parallèlement; elles sont actuellement réunies pour n'en former qu'une. Les eaux suivent un trajet en S comme il est indiqué sur le plan par des flèches.

Dans ces fosses se trouvent des chicanes : deux de surface à l'entrée et à la sortie plongeant de 1 mètre, et, près de



Fig. 4. — Station d'épuration des eaux d'égout de Toulon, à Lagoubran. Lits bactériens.

l'entrée, une autre au fond s'élevant à 1 mètre. La profondeur varie de 3 m. 40 à l'entrée à 3 m. 10 à la sortie.

La durée de séjour des eaux en fosses septiques varie de 2 à 3 jours, temps beaucoup plus long que celui adopté généralement ; mais dans le cas particulier il ne semble pas que l'épuration en soit moins bonne.

Les gaz provenant des fosses septiques sont recueillis par des drains au-dessous de la voûte de ces fosses, canalisés vers un brûleur et évacués par une grande cheminée.

Au sortir des fosses septiques, les eaux se déversent en cascade, sur une série de petits gradins, dans le collecteur de distribution des lits bactériens de premier contact.

Lits bactériens. — Les lits de premier contact couvrent une surface d'environ 11 000 mètres carrés, ceux de deuxième contact une surface de 9700 mètres carrés. Ils ont une épaisseur moyenne de 1 m. 25 avec pente de 0 m. 30 sur la longueur. Le fond des lits est drainé par des briques mises à plat et supportant des planches en ciment armé.

Les matériaux prévus pour les lits bactériens étaient les scories; mais devant l'impossibilité matérielle de s'en procurer une quantité suffisante, le remplissage a été effectué de la façon suivante :

A partir de la surface.	Lits de 1er contact.	Lits de 2e contact.
Sable, 3 à 5 mm.	0,10	0,10
Scories.	»	0,20
Sable, 3 à 5 mm.	»	0,20
Gravette[1], 5 à 15 mm.	0,20	0,20
» 15 à 25 mm.	0,65	0,25
» 25 à 35 mm	0,10	0,10
Gravier.	0,20	0,20
	1,25	1,25

La distribution des eaux sur les lits bactériens et leur évacuation est effectuée par des siphons automatiques Adams. L'effluent des lits de premier contact se déverse dans un canal collecteur et est distribué de la même manière aux lits bactériens de deuxième contact (fig. 5).

L'évacuation des eaux se fait par une conduite spéciale parallèle à la Rivière Neuve, en petite rade.

Au début, la décantation des boues s'effectua normalement dans les fosses septiques; mais, après un certain temps de fonctionnement, on constata un entraînement de matières non dissoutes qui s'accumulèrent d'abord dans le collecteur de distribution, puis vinrent colmater la surface des lits bactériens de premier contact. C'est pour remédier à cet inconvénient que fut décidée la réunion des 3 fosses septiques en une seule. On fut aussi amené à établir de chaque côté de l'ensemble des lits de premier contact deux canaux pour recevoir les chasses entraînant les boues déposées dans les collecteurs. Une ou deux fois par semaine on procède ainsi au

(1) Pierres calcaires employées dans le Midi de la France pour constituer le ballast des voies ferrées.

nettoyage des colllecteurs, opération qui dure deux heures

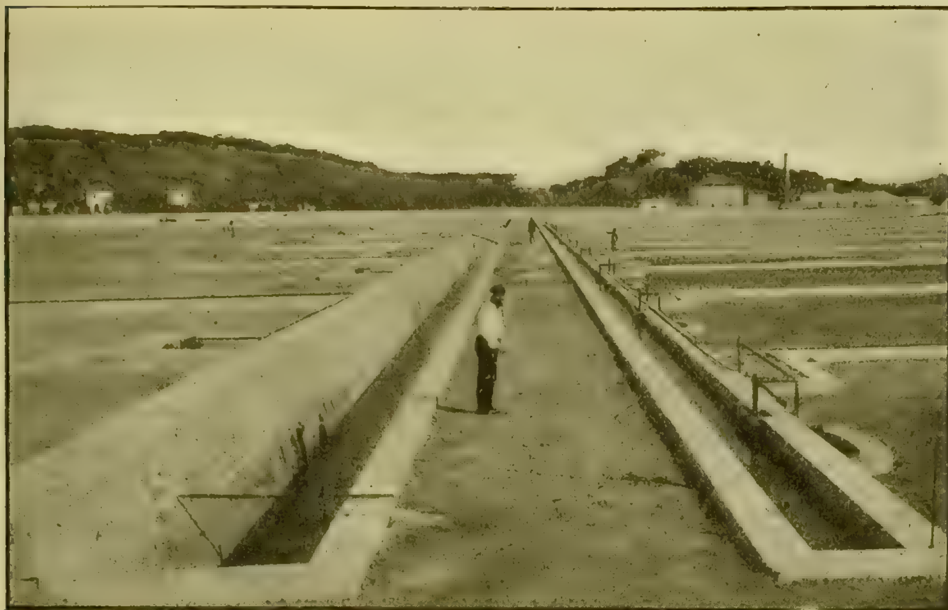


Fig. 5. — Station d'épuration des eaux d'égout de Toulon, à Lagoubran.
Lits bactériens de 1er et 2e contact.

au plus. Par le fond de ces canaux, le liquide s'infiltre

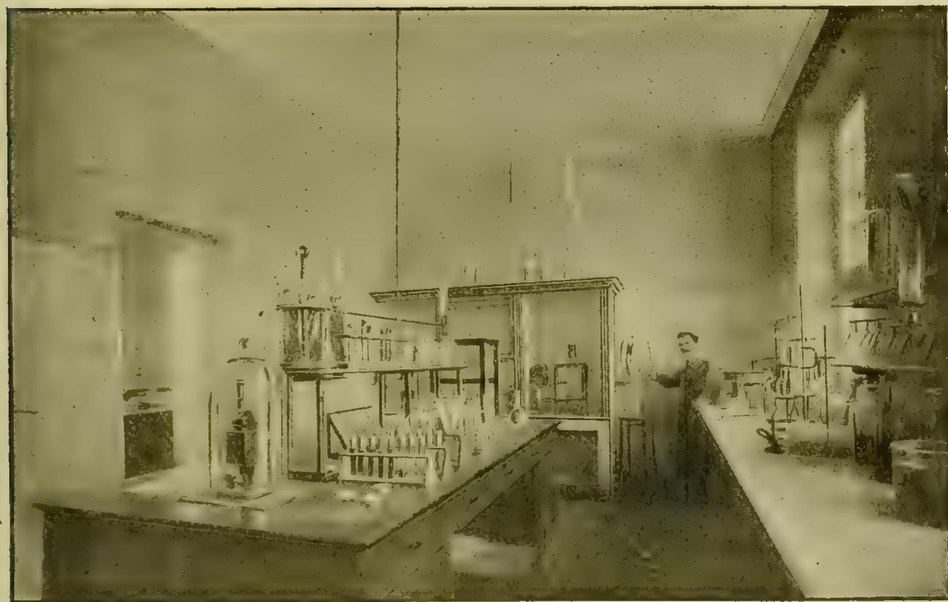


Fig. 6. — Station d'épuration des eaux d'égout de Toulon, laboratoire de Lagoubran.

dans le sol, et on peut enlever ensuite les boues à la pelle.

Malgré ces précautions, pour éviter le colmatage de la surface des lits bactériens de premier contact, on a divisé par des banquettes de sable cette surface en trois parties parallèles, comme il est indiqué au plan; la partie centrale ne reçoit jamais d'eau directement; les parties latérales sont mises en service alternativement.

Dans ces conditions, la quantité de boue déversée sur les lits est très faible et il suffit d'un piochage très superficiel, effectué même avec un rateau, pour rendre au sable toute sa perméabilité.

Les résultats d'épuration sont très satisfaisants, comme le montre le tableau des analyses effectuées par M. de Baudéan, chef du laboratoire de la station d'épuration de Lagoubran,

Toulon. (Station d'épuration de Lagoubran).

Moyennes mensuelles en milligr. par litre.

EB — En brute.
FS — Effluent des fosses septiques.
1C — Effluent des lits bactériens, 1[er] contact.
2C — Effluent des lits bactériens, 2[e] contact.

	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES				OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES — AVANT L'INCUBATIO		APRÈS L'INCUBATION		AMMONIAQUE				NITRATES		POURCENTAGE D'ÉPURATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE D'APRÈS L'OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES.
	EB	FS	1C	2C	1C	2C	1C	2C	EB	FS	1C	2C	1C	2C	
1908 Octobre.. .	25,2	27,2	16,3	8,1	7,	2,5	»	»	45,6	45,5	59,5	52,4	6	14	»
Novembre .	20,5	19,3	10,9	6,8	4,4	2,1	»	»	58,7	37,1	51,6	28,1	5	9	»
Décembre .	5,8	8,7	5,6	3,7	1,8	1,2	»	»	12,2	20,9	17,7	14.1	11	28	»
1909 Janvier. . .	8,4	7,4	6,	3,8	1,4	1,4	»	»	21,4	17,	15,7	12,5	10	24	54
Février. . .	10,4	8,7	5,4	3,	1,8	1,1	»	»	31,9	24,2	19,4	14.5	11	27	71
Mars. . . .	6,4	11,9	5,8	3,5	2,3	1,3	»	»	16,9	25,	19,7	15,	15	25	62
Avril. . . .	13,	16,2	5,	3,7	2,5	1,2	»	»	33,1	31,9	21,5	15.2	16	35	77
Mai.. . . .	14,5	18,1	5,1	3,6	5,6	1,4	»	»	37,6	29,7	20.8	15,5	15	55	80
Juin . . .	12,4	18,4	6,9	4,6	3,7	1,9	»	1,7	28,	31,2	22.5	16,8	8	54	75
Juillet . . .	21,5	35,1	16,4	9,1	8,7	3,7	»	3,7	20,4	55.5	42,2	28,	5	48	74
Août. . . .	35,1	48,9	12,8	9,3	»	3,4	»	2,7	34,8	44,	34.	.6,9	5	54	80
Septembre.	9,1	47,5	11,2	6,8	4,1	2.8	»	2,5	18,	37,7	30,2	24,7	5	79	85
Octobre . .	11,7	38,8	13,9	8,	6,8	3,2	»	2,6	15,7	55.5	51,1	24,	5	54	79
Novembre .	15,2	30,9	9,4	6,	4,7	2,5	»	1,7	29,	37.2	39,5	31,1	18	48	80
Décembre .	20,5	32,3	10,1	6,	4,2	2,5	»	1,4	37,	48.2	41,1	30.7	15	68	81
1910 Janvier.. .	27,6	38,5	11,7	7,2	4,8	3,1	»	1,6	55,	56,6	48,	57,5	18	59	81
Février. . .	30,1	52.	15.4	8,2	7,1	2,8	»	2,	62.2	66,	46,8	41,2	15	59	85
Mars. . . .	»	42,5	16,5	8,2	8,	3,5	»	2,5	»	72.2	58,1	48.5	11	42	80
Avril. . . .	»	41,9	17,2	7,6	8,	5,	»	2,5	»	69.8	55,1	44,4	24	51	80
Mai	»	45,	19,8	10,1	9.7	4.4	»	4,4	»	61.9	48.6	39.2	9	48	82
Juin	»	51,4	24,1	15,2	10,9	4,7	»	3,2	»	61.5	42.8	35,5	12	51	76

que nous remercions et félicitons vivement des observations qui ont permis de réaliser les modifications que nous venons de décrire (fig. 6).

Il y a lieu de remarquer que la pollution de l'eau croît fortement pendant le séjour en fosse septique, montrant ainsi la désintégration des matières solides qui s'y opère.

La nitrification est déjà assez importante; il se forme aussi des nitrites en quantités variables de 0 à 3 milligrammes par litre.

LE DÉPARTEMENT DE LA SEINE ET L'ÉPURATION BACTÉRIENNE DES EAUX D'ÉGOUT

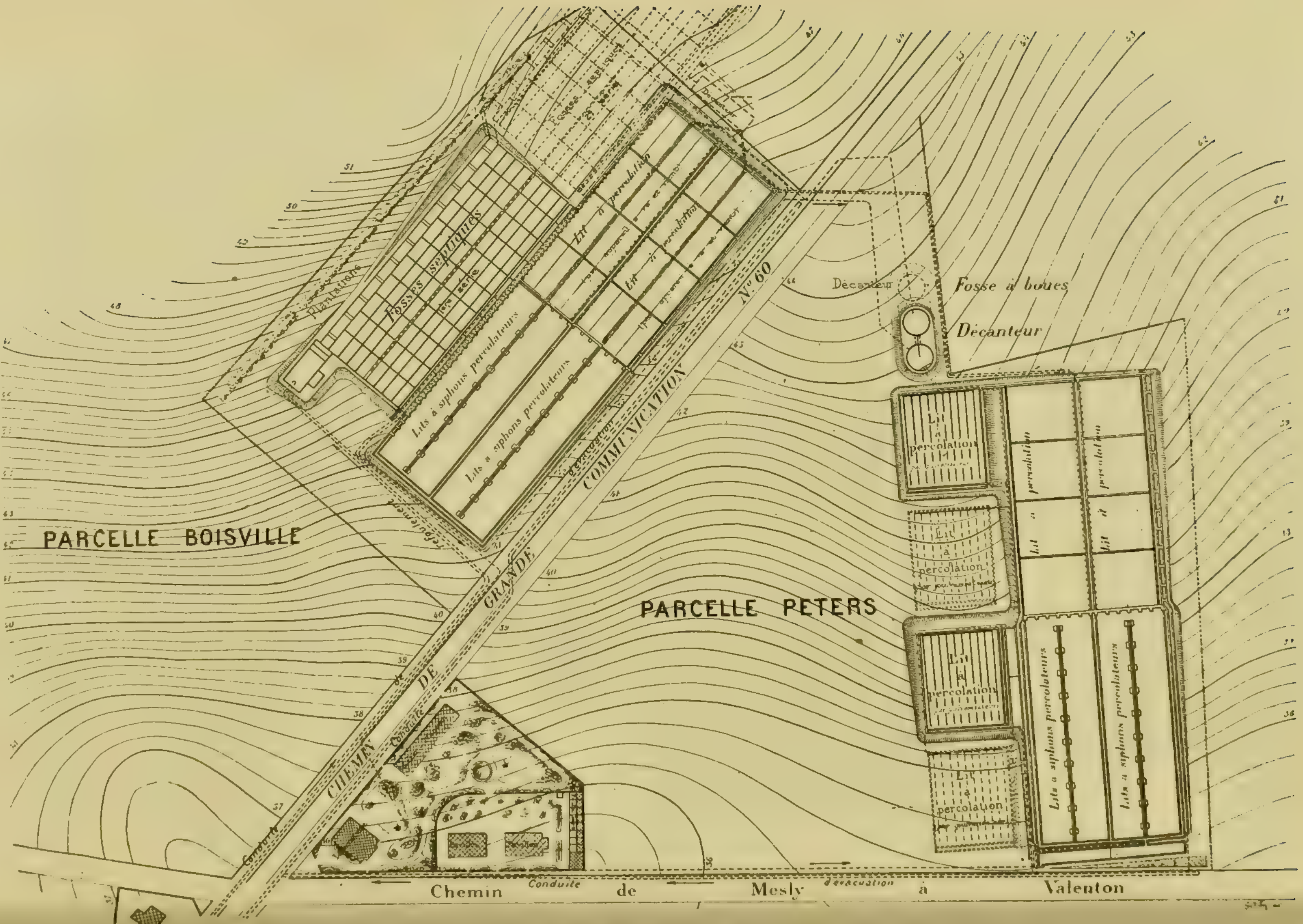
2. MONT-MESLY. — Nous avons signalé déjà dans un précédent volume ([1]) la station d'épuration de Mesly-Créteil établie sur les plans de M. l'ingénieur en chef *Mahieu*, sous la haute direction de M. *Hétier*, inspecteur général des Ponts et Chaussées du département de la Seine. Nous pouvons en donner maintenant une description plus complète ainsi que le résumé des premiers résultats, grâce au rapport si documenté de M. l'ingénieur en chef *Mahieu*.

Le premier projet adopté par le Conseil général de la Seine comprenait l'épuration d'une partie des eaux d'égout d'Ivry et de Vitry. Les eaux prises à Ivry avant leur déversement en Seine devaient être refoulées à 9^{km},500, au *Mont-Mesly*, commune de *Créteil*. Le cube quotidien à traiter fut limité à 10 800 mètres cubes, dont 8400 devaient être épurés par lits bactériens de double contact et 2400 par des lits bactériens à percolation.

Les lits bactériens de contact furent transformés rapidement en lits à percolation et le cube d'eau traité doublé. Actuellement les installations sont établies pour épurer par jour 21 000 mètres cubes d'eaux d'égout (fig. 7).

1° **Bassin de dégrossissage.** — Les eaux d'égout sont amenées par un collecteur spécial établi le long de la Seine, du

([1]) *Ces recherches*, 4e volume, page 136.


PARCELLE BOISVILLE
PARCELLE PETERS
CHEMIN DE GRANDE COMMUNICATION N° 60
Chemin de Mesly à Valenton
Conduite d'évacuation
Fosses septiques
Plantations
Lits à siphons percolateurs
Lit à percolation
Décanteur
Fosse à boues
Décanteur

pont de Conflans au pont d'Ivry. Elles sont reçues alors dans un bassin d'une capacité de 270 mètres cubes, dans lequel, par un séjour de 3/4 d'heure, elles abandonnent la majeure partie des sables et des corps lourds qu'elles charrient; les pailles, fumiers et corps flottants sont arrêtés par des grilles.

Cette méthode de dégrossissage, identique à celle adoptée par la ville de Paris dans ses usines élévatoires, y a donné toujours les meilleurs résultats.

2° **Usine élévatoire.** — Elle comporte deux groupes de pompes électriques susceptibles de refouler chacun en pleine charge 30 000 mètres cubes par jour. Le service normal est assuré actuellement par un seul groupe, le second ne servant qu'en cas d'avarie du premier.

Les variations de débit des égouts d'Ivry et de Vitry sont les suivantes :

Minuit	106	litres par seconde.
3 heures matin	127	—
6 —	134	—
9 —	350	—
Midi	376	—
3 heures soir	338	—
6 —	338	—
9 —	141	—

La hauteur totale d'élévation des eaux, toutes pertes de charges comprises, est de 22 m. 50 quand les deux pompes d'un groupe fonctionnent en même temps à pleine charge, et de 27 mètres quand il n'y en a qu'une seule en marche.

INSTALLATIONS BACTÉRIENNES. — 1er GROUPE (fig. 8, 9 et 10).

3° **Bassin d'arrivée.** — A la sortie de la conduite de refoulement, l'eau d'égout traverse un bassin de 16 mètres de long sur 8 mètres de large et 2 mètres de profondeur utile, puis successivement par déversoir deux autres bassins, de même largeur et profondeur, de 2 mètres de longueur chacun pour tomber dans un canal de distribution aux fosses septiques, de 100 mètres de long.

4° **Fosses septiques.** — Elles sont au nombre de 11, 10 en service normal et une de remplacement, mesurant 55 mètres de long, 9 mètres de large et 4 mètres de profondeur utile. Le radier de chacune des fosses est incliné vers son axe longitunal suivant une pente de 5 centimètres par mètre, où se trouve une rigole à double pente aboutissant au centre de la fosse à une bonde de fond pour l'évacuation des boues. On a

Fig. 8. — Station du Mont-Mesly, 1er groupe (coupe).

disposé, dans le sens de la longueur de la fosse, 7, chicanes, dont 4 allant du niveau de l'eau à 1 mètre au-dessus du radier, les autres allant du fond à 1 mètre de la surface.

L'effluent des fosses septiques s'étale d'abord en lame mince, pour permettre le dégagement des gaz dissous, puis tombe dans le canal de distribution aux lits bactériens.

Le bassin d'arrivée, les fosses septiques et les canaux de distribution sont construits en béton de ciment armé.

Une passerelle centrale en ciment armé réunit les fosses et permet de manœuvrer les bondes de fond. Elle assure aussi la manœuvre de vannettes placées dans les cloisons qui séparent ces différentes fosses et qui sont destinées à faire passer l'eau de l'une dans l'autre. Cette disposition permet, au cas où une fosse aurait été vidée complètement, d'assurer son réensemencement en bactéries par un prélèvement dans la fosse voisine et, par suite, de hâter la période où elle sera de nouveau susceptible d'être utilisée.

5° **Lits bactériens à siphons.** — Ces lits couvrent une surface de 8400 mètres carrés divisée en 4 groupes de 2100 mètres

carrés chacun, ils sont alimentés par l'effluent de 8 fosses septiques.

Ces lits ont 84 mètres de long sur 25 mètres de large.

Le radier comporte une double pente de 0,01 par mètre partant de l'axe longitudinal et aboutissant aux murs latéraux qui s'élèvent à la moitié de la hauteur du lit qui est de 2 mètres. Le drainage du fond est obtenu par des demi-cylindres placés jointivement les uns à côté des autres par rangées parallèles espacées de 0,02 au moyen de taquets spéciaux. Sur ce drainage sont placées des couches de mâchefer soigneusement criblé, d'abord en morceaux de 7 à 8 centimètres, puis du tout-venant de 2 à 4 centimètres et enfin une couche de $0^m,50$ de morceaux de 1 à 2 centimètres.

Sur l'axe longitudinal sont disposés, accolés l'un à l'autre, et chaque groupe formant le centre d'une tranchée de $8^m,40$ de large, 20 bassins munis de siphons de chasse automatiques Geneste et Herscher. Chaque siphon aboutit à un conduit longitudinal placé au-dessous du bassin. Ce conduit est percé de trous d'où partent des files de drains en poterie placés à la surface du lit, perpendiculaire à son axe, jusqu'à l'extrémité des talus longitudinaux.

La capacité des bassins de chasse étant faible, 1 mètre cube, l'eau ne pouvait parvenir jusqu'à l'extrémité des files de drains, et pour obtenir ce résultat, il a fallu n'utiliser que 8 files de drains sur 16 qui correspondent à chaque bassin. Il a été aussi reconnu nécessaire de donner aux files de drains et par suite à la surface supérieure du lit, une déclivité générale de $0^m,01$ par mètre environ dans le sens de sa plus petite largeur. A l'entrée des files de drains des vannettes ont été disposées permettant d'en utiliser la moitié un jour, et l'autre le lendemain.

Les siphons sont réglés de façon que le remplissage des bassins s'effectue en un quart d'heure environ et la vidange en une minute.

6° **Décanteur.** — Entre le déversoir des fosses septiques et les lits à pulvérisateurs on a interposé un bassin de décantation que l'eau traverse en trois heures environ, en abandonnant les matières en suspension qui viendraient boucher les orifices de pulvérisation.

Le décanteur est constitué par une cuve en béton armé de 10 mètres de diamètre et de 3 mètres de hauteur. Cette cuve se prolonge par une autre en forme de tronc de cône de 4m,70 de hauteur et dont le fond est constitué par un cercle de

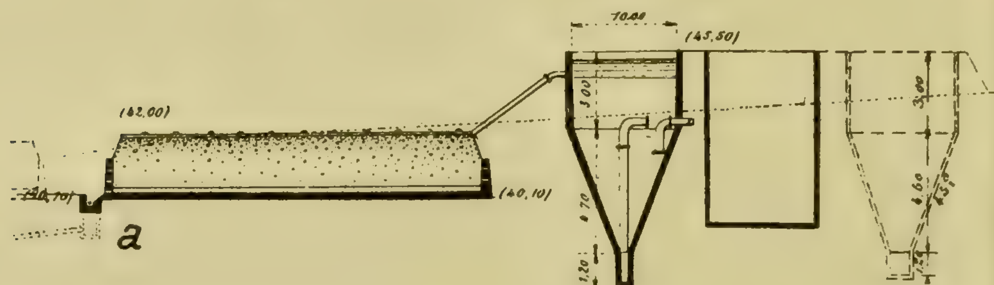


Fig. 9. — Station du Mont-Mesly, 1er groupe, décanteur et lit bactérien (coupe).

0m,80 de diamètre intérieur. A son tour, ce tronc de cône se termine par un puisard cylindrique de 1m,20 de profondeur. La capacité du décanteur est de 300 mètres cubes environ.

Le tuyau d'amenée des eaux des fosses septiques débouche vers le bas au-dessous du fond de la cuve supérieure et le long des flancs du tronc du cône. De cette façon, l'eau a une ten-

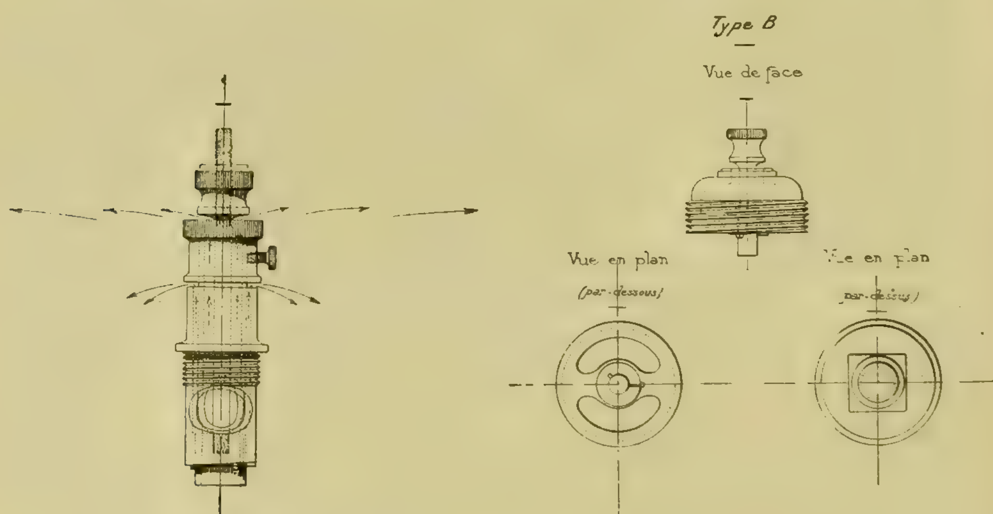


Fig. 10. — Station du Mont-Mesly. — Becs pulvérisateurs.

dance à entraîner les molécules lourdes vers le bas de l'appareil où elles se déposent et le mouvement est suffisamment lent. Les eaux en sortent par un déversoir pour se rendre dans le tuyau central de distribution (fig. 9).

Un tuyau de fonte plongeant jusqu'au fond et allant aboutir à la fosse à boues générale de l'installation, permet par la pression de l'eau d'évacuer les boues qui s'y accumulent. Le fonctionnement de cet appareil, de coût modéré, a toujours été des meilleurs.

7° **Lits bactériens à becs pulvérisateurs fixes.** — Ces 2 lits, construits d'une façon identique aux précédents, mesurent chacun 35 mètres sur 30 mètres et 2 mètres de hauteur de matériaux.

A la surface supérieure du mâchefer, on a disposé dix rangées de tuyaux en tôle galvanisée espacés de 3 mètres d'axe en axe et percés de trous tous les 3 mètres. Sur chaque trou on a adapté un pulvérisateur d'un modèle spécial, au moyen duquel l'eau s'échappant sous pression retombe sur le lit en pluie fine (fig. 10).

Ces lits sont alimentés par l'effluent de deux fosses septiques.

INSTALLATIONS BACTÉRIENNES. — 2e GROUPE (fig. 11, 12 et 13).

Le 2e groupe encore en construction au moment de l'élaboration du rapport comprend : 11 nouvelles fosses septiques, 2100 mètres carrés de lits bactériens à becs pulvérisateurs fixes, 8400 mètres carrés de lits bactériens à becs pulvérisateurs animés d'un mouvement de va-et-vient.

8° **Fosses septiques** (fig. 11). — Ces fosses diffèrent de celles du premier groupe par l'absence de chicanes, qui ont pour inconvénient de gêner considérablement les opérations de curage et de nettoyage. Dans les premières fosses les boues devaient se rendre par un caniveau longitudinal à une bande centrale. Les essais ont montré que la boue est en effet entraînée par l'eau mais seulement après avoir été fortement diluée et il est toujours impossible de l'enlever complètement, une couche gluante et très visqueuse adhérant au radier. Par suite ce procédé avait un double inconvénient :

1° Il exige l'emploi d'une très grande quantité d'eau dont on ne sait que faire dans la fosse à boue;

2° Il n'enlève pas la totalité des boues.

Le curage est donc rendu très onéreux et très laborieux, aussi a-t-on été obligé d'assurer la vidange de l'eau et de la boue au moyen d'une pompe spéciale.

Chaque fosse nouvelle mesure 42^m,60 de long sur 10 de large. Le radier est constitué par un plan assurant 4 mètres de profondeur utile à l'entrée et 1 mètre à la sortie de la fosse, sa pente est donc de 0^m,0739 par mètre. Dans la partie la plus

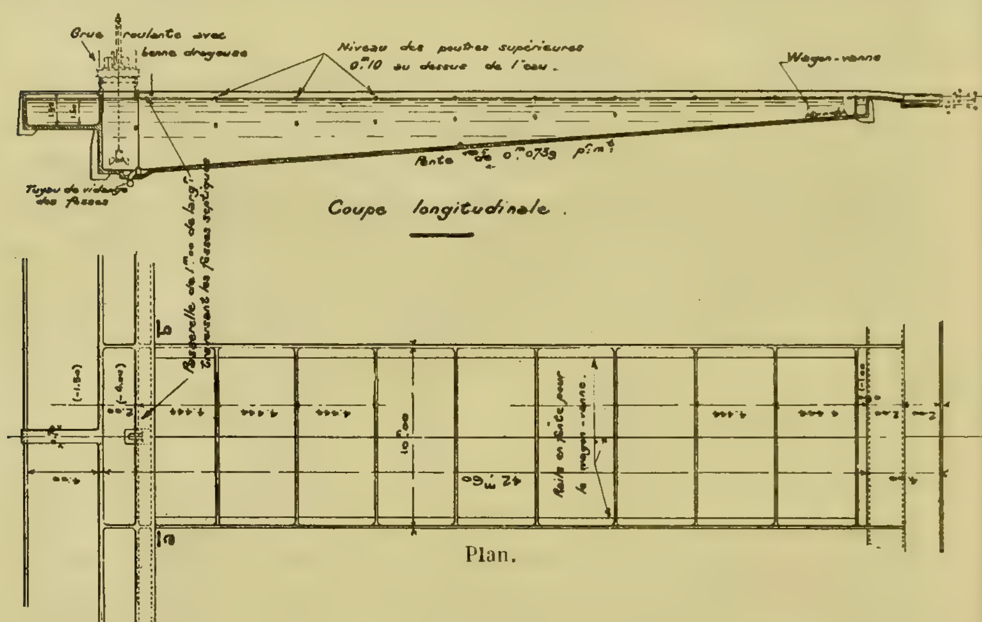


Fig. 11. — Station du Mont-Mesly, 2e groupe. — Fosse septique.

profonde, le fond est horizontal sur une longueur de 2 mètres et c'est en ce point que toutes les boues et vases glissant sur le radier doivent s'accumuler.

Pour extraire les boues on a prévu deux moyens : 1° une bonde de fond réunit la fosse à la conduite qui dessert les mêmes appareils du premier groupe ; 2° une drague mue mécaniquement. De plus un wagon-vanne permettra d'amener dans la partie profonde les boues visqueuses attachées au radier.

9° **Décanteur.** — Analogue à celui décrit plus haut, sauf que le diamètre du cylindre inférieur a été porté à 1^m,20 et la hauteur du tronc de cône réduite à 4^m,60.

10° **Lits à becs pulvérisateurs fixes.** — Les deux lits ont exac-

tement les mêmes dimensions et la même disposition que les lits analogues du premier groupe; toutefois, les murs latéraux sont construits en briques et disposés de manière à laisser le plus de vide possible.

11° **Lits à becs pulvérisateur mobiles (appareils Lajotte-Durey-Sohy).** — L'effluent des fosses septiques est amené dans un canal longeant toute la longueur du lit, dans lequel plonge un siphon qui dessert deux tuyaux étendus transversalement à la surface du lit. Ces tuyaux sont percés de trous, chacun sur la moitié de leur longueur. Ils sont fixés sur un même chariot monté sur roues, lesquelles peuvent rouler sur deux rails placés à droite et à gauche du lit dans le sens de sa longueur.

Un câble sans fin, mû par une roue à aube qu'actionne l'eau d'égout elle-même, met en mouvement tout le système et le déplace alternativement dans chaque sens. La pulvérisation est assurée par la pression de l'eau ($2^m,50$) au moyen de becs formés de tubulures en cuivre au-dessus desquelles sont placées des lames minces inclinées à 60° et en forme d'éventail. Le jet s'échappant de la tubulure vient se briser sur la lame et retombe en pluie fine.

Une surface de 2100 mètres carrés est couverte au moyen de deux appareils marchant chacun sur 42 mètres de longueur et sur $25^m,80$ de largeur. Le mouvement est tel que l'appareil marchant de l'amont vers l'aval, la moitié droite du lit est arrosée à 42 mètres de son point de départ; le mouvement s'inversant, c'est la moitié gauche qui est arrosée à son tour.

Le renversement du sens de la marche et le changement d'arrosage sont assurés au moyen d'un tiroir spécial placé sur le chariot et qui se meut automatiquement chaque fois qu'il arrive à l'une des extrémités du lit.

Les rails de roulement sont en acier; ils sont supportés au-dessus de la surface des matériaux (mâchefer) par des piliers en béton armé de $0^m,15$ qui le traversent et reposent sur le radier.

La quantité d'eau distribuée par l'appareil est de 1 mètre cube par mètre carré et par jour.

12° **Décanteur** (fig. 12). — Ce 3e décanteur, tout en béton armé, est constitué par une cuve rectangulaire de 25 mètres

de long sur 7 mètres de large et 3 mètres de profondeur, prolongée par un tronc de pyramide de même base et terminé à 5 mètres de profondeur par un rectangle de 2 mètres sur

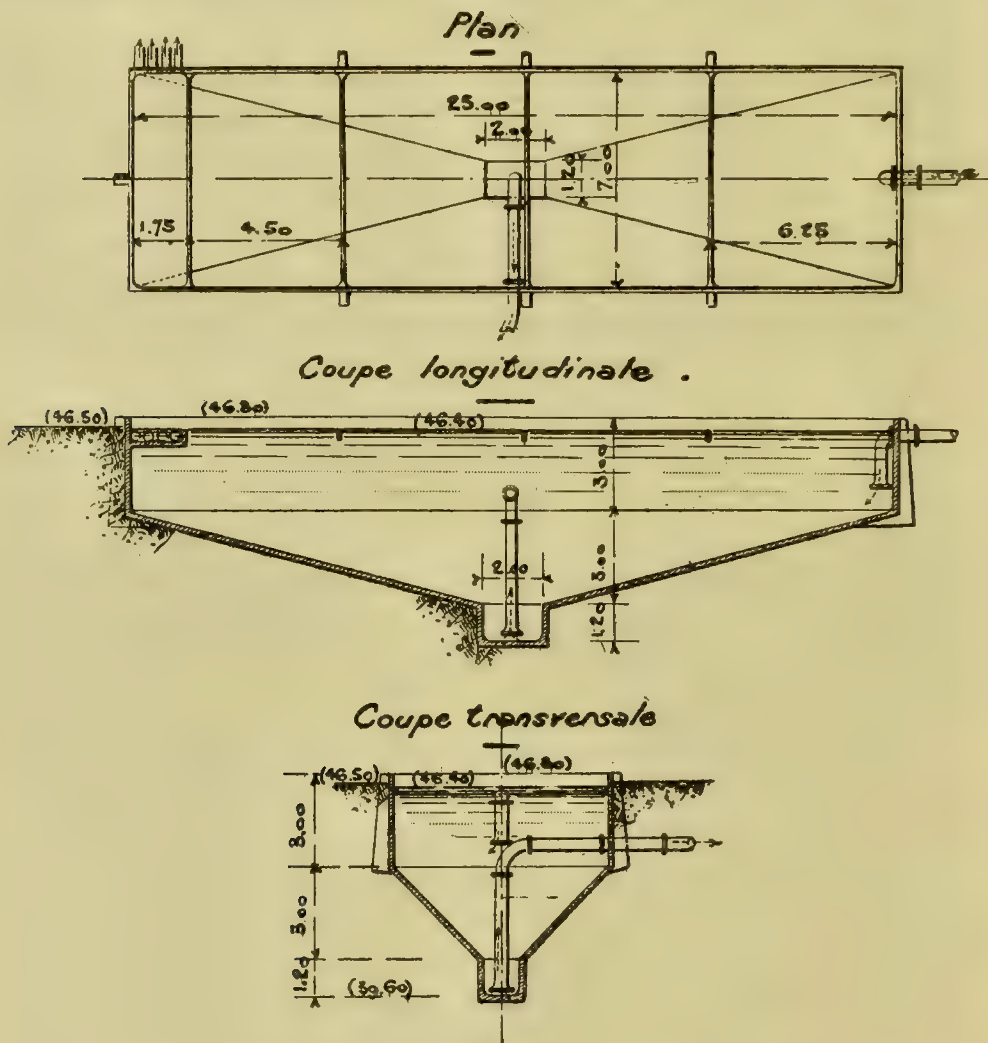


Fig. 12. — Station du Mont-Mesly, 2e groupe (plan du décanteur).

1 mètre ; un puits de $1^m,20$ de profondeur termine le tout par le bas.

L'eau des fosses se déverse dans la cuve par un tuyau en fonte de $0^m,30$ de diamètre débouchant un peu au-dessous de la base du tronc de pyramide et s'écoule le long de la paroi vers le bas. Elle sort du décanteur par déversoir dans une bâche placée à la partie supérieure contre la paroi ; cette bâche contient le tuyau qui vient alimenter chacun des appareils distributeurs.

La capacité du décanteur est de 790 mètres cubes environ; l'effluent des fosses septiques y séjourne environ 4 heures.

15° **Lits à becs pulvérisateurs mobiles** (appareils Lajotte-Laffly). — La surface des lits est, comme la précédente, de 4200 mètres divisée en deux parties égales d'une largeur de 25 mètres; à son tour chacune de ces bandes est divisée en

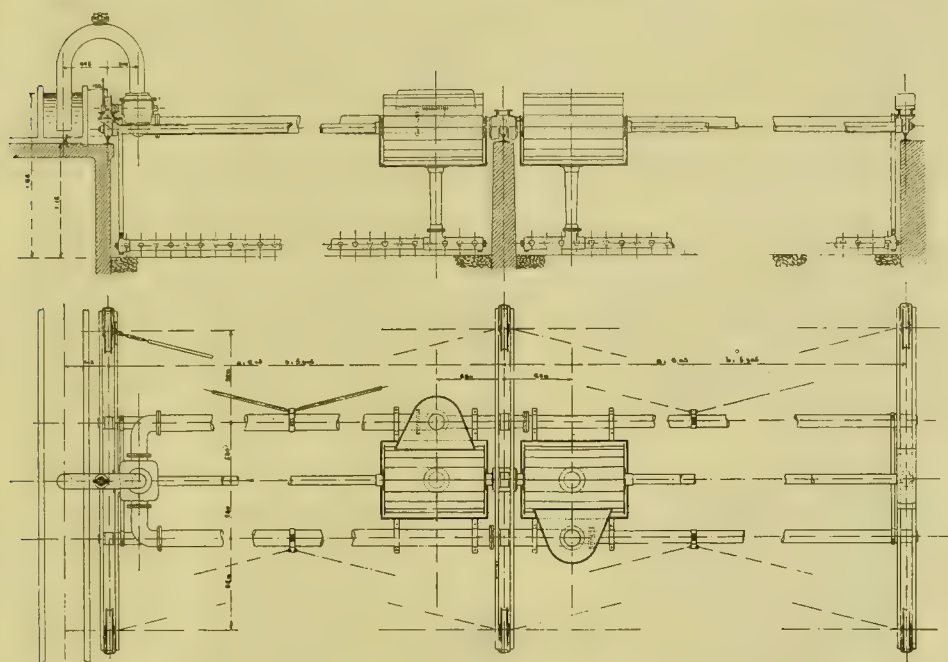


Fig. 15. — Station du Mont-Mesly. — Appareil distributeur Lajotte-Laffly.

deux autres plus étroites de $12^{m},50$ et de 84 mètres de long.

Sur chacune d'elles court un appareil distributeur Lajotte-Laffly (fig. 15). Deux roues hydrauliques à aubes courbes reçoivent l'eau du décanteur et la laissent retomber dans un bassin qu'elles portent avec elles et qui, à son tour, est prolongé par un tuyau qui s'étend transversalement à la surface du lit, sur la moitié de sa largeur totale, et qui est percée de trous. L'eau, après avoir passé dans l'une des roues, vient sortir du tuyau par les trous et tombe sur les matériaux sous-jacents.

Comme, en même temps, l'une des roues hydrauliques peut rouler sur trois rails placés au milieu et de chaque côté du lit à desservir, elles avancent sur les rails. Un tiroir auto-

matique envoie l'eau dans l'une des roues quand le mouvement a lieu dans un sens, et dans l'autre quand l'appareil est arrivé au bout de sa course. Il en résulte qu'à ce moment le premier appareil ne reçoit plus d'eau, que le mouvement s'inverse et que l'arrosage de la deuxième partie du lit s'effectue.

La pulvérisation de l'eau est assurée au moyen de becs spéciaux placés sur les trous du tuyau et grâce à une hauteur de chute de 0m, 80. Le bec est essentiellement composé d'une tubulure de cuivre de 1 centimètre de diamètre au-devant de laquelle est placée une lame mince inclinée à 60° ; le jet lancé sur cette lame se divise en pluie fine.

14° **Bassin de décantation**. — A la suite des lits bactériens des bassins ont été établis, d'une contenance égale à la production de deux heures des lits correspondants, pour obtenir la décantation des matières qui peuvent en être entraînées et par suite une meilleure clarification des effluents.

Dépenses. — Les dépenses de premier établissement se sont élevées au total à 2 590 000 francs, comprenant :

450 000 francs pour l'usine de pompage d'Ivry (109 000 francs de terrains) ;

570 000 francs pour la conduite de refoulement ;

1 575 000 francs pour les installations du Mont-Mesly (215 000 pour les terrains) ;

95 000 francs pour la conduite d'évacuation en Seine ;

100 000 francs pour les maisons d'habitation et laboratoire.

Si l'on prend la dépense faite pour les installations bactériennes proprement dites, soit 1 400 000 francs en chiffres ronds, on voit que pour un cube de 21 000 mètres par jour, le coût par mètre cube revient à 70 francs environ. Ce prix serait certainement abaissé dans une nouvelle installation, qui ne devrait pas servir d'expérience comme celle du Mont-Mesly.

Les dépenses normales de fonctionnement n'ont pu encore être établies.

Laboratoire. — A la station est annexé un laboratoire chimique et bactériologique dont est chargé un ingénieur chimiste, M. Cavel.

Les échantillons d'eaux sont prélevés d'une façon régulière grâce à des appareils automatiques. Ces appareils sont constitués essentiellement par une roue hydraulique dont les aubes plates sont plongées dans le courant ; elle est mobile autour d'un axe horizontal et ses aubes sont munies de godets. La vitesse de l'eau fait tourner la roue et les godets remplis en bas de la course se vident en haut. A ce moment, on recueille l'eau des godets et on l'emmagasine dans un récipient de capacité déterminée. Au bout de 24 heures on peut donc prélever un échantillon moyen.

Résultats. — Les résultats de l'épuration sont montrés par le tableau d'analyses (moyennes par mois) donné ci-après.

L'installation (1er groupe) fonctionne depuis novembre 1908. Les volumes d'eau traités ont été faibles au début, puis augmentés progressivement jusqu'à ce qu'ils atteignent 1000 litres par mètre carré et par jour pour les lits à becs pulvérisateurs, en février 1909, et un peu plus tard pour les lits à siphons.

On voit à l'examen du tableau que la quantité d'ammoniaque restant dans l'effluent des lits bactériens a diminué, pour atteindre une valeur moyenne, assez vite pour les lits à becs pulvérisateurs, moins rapidement pour les lits à siphons. Il en a été de même pour la diminution de la matière organique.

De même, la nitrification a été plus active dans les lits à becs pulvérisateurs. On peut donc conclure que par ce système l'épuration est mieux assurée, car la répartition et l'aération du liquide à épurer sont réalisées d'une façon plus efficace.

L'effluent qui s'écoule à la Seine est imputrescible et, en général, d'une limpidité parfaite.

Production des boues. — Pendant un arrêt provoqué par la nécessité de régler les pompes électriques de l'usine d'Ivry, il a été possible de procéder au curage complet des fosses septiques et des bassins de décantation.

Pour 1 300 000 mètres d'eau d'égout traitée, on a retiré 1 860 mètres cubes de boues contenant 18 0/0 de matière sèche, soit $0^{kg},309$ par mètre cube. Cette quantité est très faible

Mont-Mesly. —

DÉSIGNATION DES MOIS	MATIÈRES EN SUSPENSION				OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES					
					AVANT INCUBATION				APRÈS INCUBATION	
	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES	LITS A SIPHONS	LITS A PULVÉRISATEURS	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES	LITS A S.	LITS A P.	LITS A S.	LITS A P.
1908										
NOVEMBRE	76.5	»	»	»	25.0	20.8	»	2.27	»	»
DÉCEMBRE	»	»	»	»	28.4	25.32	»	10.26	»	7.[illegible]5
1909										
JANVIER	99.4	»	21	37	33.4	31.00	14.01	12.36	»	»
FÉVRIER	107.	»	»	»	27.05	29.7	22.0	20.0	17.6	20.8
MARS	105.6	»	61	35	28.25	26.28	16.50	16.77	17.97	»
AVRIL	105.6	»	44	18	35.25	30.15	11.23	9.52	12.01	10.16
MAI	105.6	»	12	8	43.14	44.06	15.21	12.57	15.49	14.32
JUIN	»	»	»	»	41.02	37.08	12.5	9.44	14.24	12.6
JUILLET	112.	47	7	3	36.1	31.9	10.6	8.7	15.05	9.7
AOUT	90.	17	7	3	36.8	31.01	11.15	11.44	11.8	12.7
OCTOBRE	»	»	»	»	28.0	28.8	9.6	8.8	12.9	9.6
DÉCEMBRE	»	»	»	»	4.36	4.16	2.88	2.77	2.90	2.72

S. siphons ; P. pulvérisateurs.

Département de la Seine.

	AMMONIAQUE ($Az H^3$)			NITRATES ($Az^2 O^5$)		NITRITES ($Az^2 O^3$)		
EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES	LITS A S.	LITS A P.	LITS A S.	LITS A P.	LITS A S.	LITS A P.	OBSERVATIONS
.0	20.47	»	13.	»	0	»	0	Un seul lit à pulvérisateur étant en service.
.25	17.12	•	13.19	»	1.31	»	»	Un seul lit à pulvérisateur étant en service.
.67	17.67	15.65	16.54	0.64	1.86	»	»	Un lit à siphon est mis en route en plus du lit à pulvérisateur.
.6	19.3	12.4	11.6	0	traces	»	»	Des avaries à l'usine ont arrêté la marche sauf 2 jours.
.6	25.22	18.34	15.61	4.82	8.11	0.79	»	Les 2 lits à P. et les 2 lits à S. sont mis en route.
.99	11.49	5.00	4.78	8.73	32.56	3.67	0.83	Les eaux d'égout sont diluées par les eaux de la Seine en crue.
.95	16.67	7.63	5.58	12.71	50.27	»	»	Eaux d'égout de composition normale.
.93	22.6	12.6	11.96	33.33	65.6	»	»	Eaux d'égout de composition normale.
.8	16.5	7.2	6.1	39.5	89.7	3.55	3.8	Eaux d'égout de composition normale.
.2	16.57	7.4	6.4	33.6	72.2	3.9	4.8	Eaux d'égout de composition normale.
.6	15.0	10.0	8.0	35.0	45.0	4.0	3.0	Eaux d'égout de composition normale.
.6	1.9	1.2	1.14	11.2	14.4	0.2	0.2	Marche intermittente et dilution des eaux d'égout par celles de la Seine en crue.

car elle ne correspond qu'à une couche de $0^m,05$ à $0^m,06$ au maximum sur le fond des fosses septiques.

Ces boues sont déposées sur le sol et les cultivateurs sont autorisés à les enlever pour en faire de l'engrais. M. Mahieu craint que cette manière de faire ne soit plus applicable lorsque l'installation entière fonctionnera, aussi étudie-t-il un projet permettant de brûler les boues mélangées aux ordures ménagères des communes voisines. On pourrait ainsi produire économiquement la lumière et la force motrice à la station.

3. TROUVILLE (Calvados). — Nombre d'habitants : 6470. Adduction d'eaux de source.

Réseau d'égouts : système séparatif, recevant les matières fécales et les eaux ménagères.

Cube des eaux d'égout : 450 mètres cubes par jour en été, c'est-à-dire en juillet, août et septembre, et 150 mètres cubes seulement pendant les neuf autres mois.

Installation comprenant une usine d'aspiration, une fosse septique et des bassins filtrants, ces derniers ne recevant qu'une partie seulement des eaux d'égout.

Coût total de l'installation : 550 000 francs. Dépense annuelle : 20 000 francs. Travaux exécutés par une Société représentée par MM. Liernur, ingénieurs.

4. VALLÉE DE VAUX (Seine-et-Oise). — Installation dépendant de la Ville de Paris.

Cette installation correspond environ à une population de 4 800 habitants, car elle traite quotidiennement 927 mètres cubes d'eaux d'égout de la ville de Paris, et les eaux d'égout de la ville de Paris représentent un cube moyen de 530 000 mètres cubes pour 2 760 000 habitants, soit environ $0^{m3},192$ par habitant et par jour.

Elle a pour but d'épurer sur des lits artificiels la fraction des eaux d'égout non utilisée en irrigation dans les prairies aménagées sur les versants de la vallée de Vaux qui, obéissant à l'influence de la pente naturelle, descendent dans le thalweg.

Elle comprend deux lits de mâchefer d'environ $1^m,50$ d'épaisseur, savoir :

Un lit circulaire de 15 mètres de diamètre, qui a été mis en service en 1907; un lit rectangulaire de 50 mètres × 15 mètres, mis en service en 1909.

La vallée de Vaux est barrée transversalement par une digue en terre où les eaux de ruissellement des prairies s'emmagasinent et achèvent de se décanter; elles sont admises et distribuées par un tourniquet hydraulique sur le lit circulaire et par un appareil baladeur sur le lit rectangulaire.

Coût de l'installation : environ 50 francs le mètre carré.

En raison de l'isolement de l'installation, une surveillance de jour et de nuit est exercée. Les dépenses d'exploitation sont actuellement réduites presque uniquement aux frais de gardiennage, et ceux-ci ne seront pas plus élevés lorsque l'installation sera doublée ou triplée, mais l'installation est trop récente pour pouvoir donner des indications certaines :

Le Service de l'assainissement de la Seine exécute les travaux et dirige l'exploitation.

Contrôle : le Service de l'assainissement de la Seine procède lui-même à des analyses d'eau, et l'installation est ouverte au public.

Des prélèvements et des analyses sont, en outre, faits périodiquement par l'Observatoire municipal de Montsouris.

5. CAMP DE SATHONAY (Ain)[1]. — Population de 1800 à 2000 hommes et 300 chevaux. Eau d'alimentation : 250 à 300 mètres cubes par jour.

Réseau d'égouts : 1000 mètres desservant 300 hectares, système séparatif. Débit journalier : 250 à 300 mètres cubes.

Installation comprenant un bassin de décantation avec trop-plein pour eaux pluviales, 2 fosses septiques couvertes, 2 bassins de nettoyage, 1 bassin de sortie avec aération, 4 lits bactériens de premier contact et 2 lits bactériens percolateurs.

Coût total de l'installation : 50 000 francs, y compris le collecteur d'arrivée et celui d'évacuation. Coût annuel d'exploitation : 1200 francs.

[1] La Société générale d'épuration et d'assainissement, 28, rue de Châteaudun, Paris, a établi les plans de cette installation ainsi que ceux qui portent les numéros 6, 7, 8, 9, 12, 15, 18 à 33 ci-après.

Contrôle : opéré par le Service de santé de l'armée qui fait des prélèvements mensuels et des analyses.

6. CHAMPAGNE-SUR-SEINE (Seine-et-Marne). — Population : 1750 habitants.

Alimentation en eau : 80 mètres cubes par 24 heures.

Réseau d'égouts recevant une partie des eaux pluviales des toits, les eaux ménagères et les produits de W. C. évacués, soit par tout à l'égout direct, fosses à trop plein et petites fosses septiques.

Débit journalier : 100 mètres cubes, 200 mètres cubes d'après M. Bonjean, maximum 160 mètres cubes, minimum 8 mètres cubes.

L'installation d'épuration comprend (fig. 14) :

1° Un bassin de décantation avec dispositif de trop-plein et grilles;

2° Deux fosses septiques couvertes, avec regards et tampons de visite et grilles pour l'échappement des gaz, à travers une couche de tourbe. Chaque fosse est divisée en deux compartiments dont les radiers sont en pente vers des vannes en communication avec deux bassins de nettoyage pour l'évacuation des boues;

3° Un bassin de sortie des fosses septiques;

4° Quatre lits bactériens de premier contact, drainés et remplis de mâchefers de différentes grosseurs, les plus fins à la partie supérieure. La répartition de l'eau à la surface des lits est assurée par des caniveaux ou demi-tuyaux en grès vernissé. La distribution est obtenue au moyen d'appareils de la *Septic Tank Cie* qui règlent automatiquement les remplissages, contacts, vidanges et repos, par la manœuvre de clapets suspendus à des fléaux de balance pourvus de contre-poids et de seaux qui s'emplissent et se vident par une disposition ingénieuse de robinets réglables à volonté et de siphons de vidange;

5° Un lit bactérien à percolation, alimenté par l'effluent des lits de premier contact au moyen de tuyaux en fonte percés de trous.

Les eaux venant du trop-plein en cas de gros afflux sont traitées directement sur le lit à percolation.

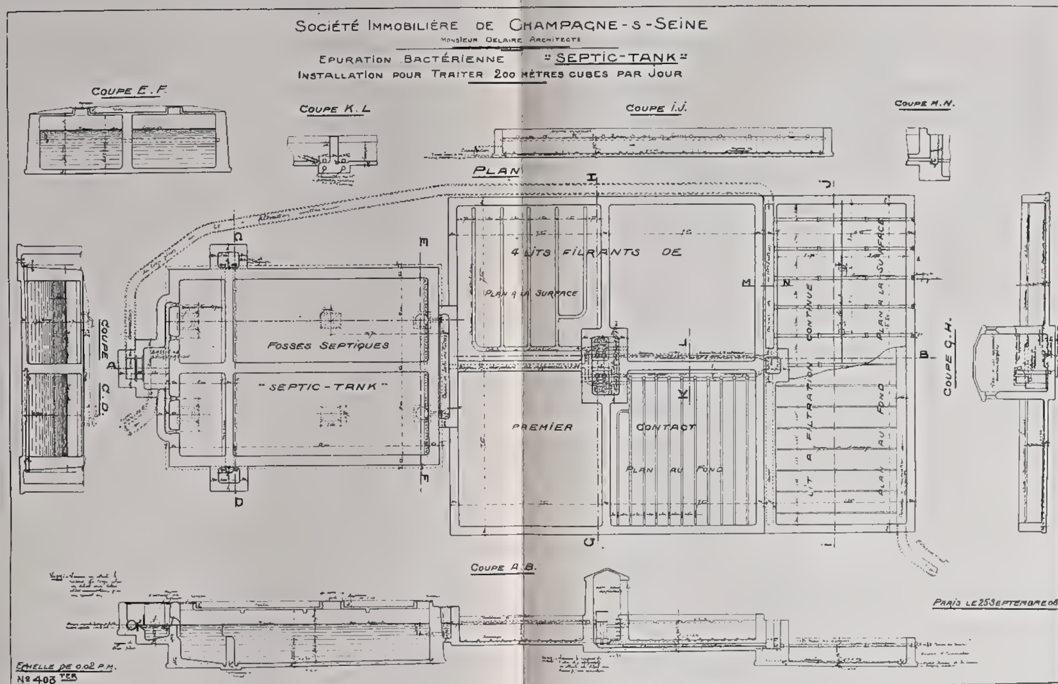

Société Immobilière de Champagne-s-Seine
Monsieur Delaire Architecte
Epuration Bactérienne "Septic-Tank"
Installation pour traiter 200 mètres cubes par jour
Coupe E.F.
Coupe K.L
Coupe I.J.
Coupe M.N.
Plan
Coupe C.D.
Fosses Septiques
"Septic-Tank"
4 lits filtrants de
Plan a la surface
Premier
Contact
Plan au fond
Lit a filtration continue
Plan a la surface
Plan au fond
Coupe G.H.
Coupe A.B.
Paris le 25 Septembre 06
Echelle de 0.02 p.m.
Nº 403 ter

Fig. 11.

Coût total de l'installation : 35 000 francs non compris le réseau d'égout et les fosses septiques des habitations.

D'après les analyses de M. Bonjean effectuées en 1907 après 14 mois de fonctionnement, l'épuration est en très bonne voie.

7. TIZI-OUZOU (Algérie). — Population européenne agglomérée : 2500 habitants environ. Tout à l'égout avec système en partie unitaire.

200 mètres cubes d'eau par jour avec maximum de 300 mètres cubes.

Analogue à Champagne-sur-Seine. Appareils de la *Septic Tank Cie.*

Coût total de l'installation : 30 000 francs; exploitation, 250 francs par an environ.

Mise en fonctionnement en juillet 1904. Pas d'analyses de contrôle.

8. CAEN (Calvados). Hôpital. — Population : environ 500 personnes.

Alimentation en eau : 250 mètres cubes par jour.

Système d'égouts en partie unitaire; une partie des eaux pluviales et les eaux de buanderie sont traitées à part.

Analogue à Champagne-sur-Seine.

Coût de l'installation : 64 736 francs; exploitation : 200 francs par an environ.

Mise en fonctionnement en novembre 1908.

9. SANATORIUM DE VILLEPINTE (Seine-et-Oise). — Population (Hospitalisés et Personnel) : 300.

Eau d'alimentation : 100 à 120 litres par tête et par jour d'eau provenant d'un puits. Écoulement direct à l'égout.

Égouts : système unitaire avec déversoir pour écouler directement les eaux d'averses (le système unitaire doit être prochainement transformé en système séparé).

Épuration des eaux d'égout : fosse septique et lits de contact. Déversement de l'effluent dans un ruisseau public ; les eaux sont claires et sans odeur.

Installation terminée en 1904, et ayant coûté 40 000 francs

environ, y compris les égouts. Entretien annuel ne dépassant pas 2000 francs.

Contrôle : aucun jusqu'ici.

10. BAGNOLES-DE-L'ORNE (Orne). — Population : 150 à 200 habitants en hiver; 2500 à 4000 en été.

Distribution d'eau par puits et citernes.

Réseau d'égouts : Par arrêté en date du 20 octobre 1905, M. le Maire de la Ferté-Macé a interdit l'admission des eaux et matières de vidanges aux égouts; l'immense majorité des propriétaires a aujourd'hui raccordé clandestinement les fosses d'aisances aux branchements faits depuis 1905, toutes munies de fosses septiques.

Il arrive donc aujourd'hui que les eaux et matières à traiter par oxydation et filtration sont plus chargées en éléments organiques que ne pouvait le prévoir l'auteur du projet. Cet état de choses a conduit le Service du Contrôle à demander une extension des appareils filtrants et épurateurs.

Installation terminée depuis fin 1905 et comprenant des filtres d'oxydation.

Coût total de l'installation : 95 000 francs.

Dépense annuelle d'exploitation : 50 francs en matériel.

Contrôle : Ville et service des Ponts et Chaussées.

11. LA ROCHE-GUYON (Seine-et-Oise). Hôpital. — Population variable : 160 habitants environ.

Distribution d'eaux de puits.

Réseau d'égout recevant toutes les eaux pluviales, ménagères, le tout à l'égout d'une partie de l'établissement et le liquide provenant des tinettes filtrantes de l'autre partie.

Cube journalier moyen, 12 mètres cubes; maximum, 25 mètres; minimum, 10 mètres.

Installation fonctionnant depuis 1907 et comprenant une fosse réceptrice, un réservoir septique, un distributeur automatique Fiddian et un lit percolateur de mâchefer de $5^{m},70$ de diamètre et $1^{m},70$ de hauteur.

Résultats : l'azote ammoniacal est réduit de 20 0/0, l'azote organique de 75 0/0 et les bactéries de 97 0/0.

Coût total de l'installation : 17 000 francs. Dépenses annuelles d'exploitation : 500 francs.

Travaux exécutés par le Service de l'Assainissement de la Seine pour Assistance publique.

Aucun contrôle; toutefois le Service d'Assainissement de la Seine procède de temps à autre à des prélèvements d'eau.

12. SANATORIUM DES INSTITUTEURS A SAINTE-FEYRE (Creuse). — Population : 150 habitants.

Adduction d'eau de source.

Réseau d'égouts recevant uniquement les eaux résiduaires provenant du lavage des chambres, des couloirs, de la désinfection, du lavage, etc., ainsi que les matières fécales.

Cube journalier moyen : 35 mètres cubes; maximum, 40 mètres cubes ; minimum, 30 mètres.

Installation terminée depuis 1906, comprenant une fosse de fermentation où le liquide séjourne quelques heures après avoir passé, au préalable, dans une fosse de décantation, puis un appareil de chasse automatique, 1 premier lit de scories, 1 second appareil automatique et 1 deuxième lit de scories.

Coût total d'installation : 6428 francs. Dépense annuelle d'exploitation à peu près nulle.

Contrôle opéré par le Directeur de l'établissement.

13. SANATORIUM DE CHAMPROSAY, commune de Draveil (Seine-et-Oise). — Population (personnel et hospitalisés) : 150 personnes.

Alimentation d'eau : 100 litres par habitant.

Vidange : écoulement direct à l'égout.

Egouts : système séparé ; une canalisation spéciale déverse en Seine les eaux pluviales et de drainage du sol.

Epuration : fosse septique et lits de contact. L'installation fonctionne depuis 1906; elle est située à 120 mètres environ des bâtiments.

La dépense s'est élevée à 8 000 francs.

L'exploitation est faite par le jardinier de l'établissement; la dépense est, par suite, à peu près nulle : 400 francs par an environ.

Pas de contrôle.

14. SANATORIUM DE MONTIGNY EN OSTREVENT (Nord). — Population : 120 personnes.

Adduction d'eau : 30 mètres cubes par vingt-quatre heures.

Réseau d'égouts recevant uniquement les eaux ménagères et les eaux de water-closets. Les eaux de buanderie sont traitées à part par décantation et filtration.

Débit journalier moyen, 50 mètres cubes.

Installation terminée depuis le 1er octobre 1905, comprenant une fosse septique de 50 mètres cubes de capacité, de 2m,50 de profondeur, précédée d'une chambre à sable de 5 mètres cubes et d'un bassin régulateur de 30 mètres cubes de capacité; 1 lit percolateur de 50 mètres carrés de superficie, alimenté par 3 siphons Doulton, et 1 lit filtrant de 6 mètres carrés pour filtrer l'eau sortant éventuellement du déversoir de trop-plein. Hauteur des matériaux du lit de scories : 1m,75.

Résultats : les analyses ne sont pas faites régulièrement. On se borne à prélever de temps en temps des échantillons d'eau épurée et à voir si la nitrification s'effectue bien. On trouve en général de 10 à 60 milligrammes de nitrates par litre dans l'effluent épuré qui n'est ordinairement pas putrescible.

Coût de l'installation : 8 000 francs.

Dépenses annuelles d'exploitation à peu près nulles. Le mécanicien du sanatorium se borne à surveiller la marche des siphons de temps en temps et on pioche la surface du lit une fois par an.

15. CHALONS-SUR-MARNE (Marne). — Hôpital militaire. — Population : 107 habitants.

Cube journalier à épurer : 25 mètres cubes d'eaux d'égouts du système séparatif; les eaux de buanderie et de lavage de certaines cours sont évacuées à part.

Fosse septique couverte dans laquelle les eaux séjournent 48 heures, avec bassin de nettoyage. L'effluent de la fosse est distribué sur les matériaux d'un lit de 1er contact au moyen de caniveaux aspergeurs. Lorsque ce lit est rempli, un siphon de chasse s'amorce et déverse l'effluent sur un lit de 2e contact qui est vidé au bout d'un temps donné par un siphon de chasse. Les lits ont une superficie totale de 55 mètres carrés et 0m,95 de hauteur.

Résultats douteux.

Coût total de l'installation : 20 500 francs.

16. SANATORIUM DE BLIGNY (Seine-et-Oise). — Il existe deux installations :

a) *Côté des hommes.*

Population : 100 à 120 personnes, plus le personnel.

Réseau d'égout : système séparatif; cube journalier : 30 mètres cubes. Installation fonctionnant depuis trois ans et comprenant 1 fosse septique ouverte, 1 filtre dégrossisseur, 3 filtres de premier contact et 3 filtres de deuxième contact.

Résultats : de nombreuses analyses de l'effluent ont été faites, notamment par l'Institut Pasteur de Lille; les résultats très satisfaisants permettent de dire que le bacille tuberculeux, en abondance dans les eaux à l'arrivée, n'est plus révélé dans les eaux épurées.

b) *Côté des femmes* :

Installation sanitaire de même importance inaugurée l'été dernier. Il semblerait que, lors de la visite faite à cette installation le 27 juin 1909 par un certain nombre de membres de la Société de médecine publique et de génie sanitaire, elle laissait encore à désirer vu la date récente de sa mise en marche [1].

17. MONTPELLIER (Hérault). — Asile d'aliénés. — Installation terminée depuis le 1er avril 1909, comprenant des fosses à sable, des fosses septiques, des filtres transformateurs, des bassins à boues, des lits bactériens d'oxydation et un lit d'orage.

Cube journalier moyen : 150 mètres cubes. Cube journalier maximum : 300 mètres cubes.

L'effluent sert pour l'arrosage du jardin potager qui est drainé à 3 mètres de profondeur, puis il se déverse dans un ruisseau à ciel ouvert.

18. ANGERS (Maine-et-Loire). — Abattoirs. — Système unitaire, à l'exclusion du sang et des matières solides extraites des panses des animaux recueillis à part.

Bassin de décantation avec trop-plein, fosse septique couverte de 200 mètres cubes de capacité, bassin régulateur,

[1]) LEMOINE. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1909, p. 1033.

quatre lits bactériens de contact de 54 mètres carrés chacun de surface et 1m,25 de profondeur garnis de mâchefers et alimentés par des rigoles et caniveaux aspergeurs au moyen d'appareils automatiques ; deux lits bactériens à percolation de 104 mètres carrés de superficie et 0m,90 de profondeur sur lesquels le liquide est distribué par des tuyaux perforés.

La mise en service a eu lieu en octobre 1910.

19. RAMBOUILLET (Seine-et-Oise). — Cette installation a été exécutée pour traiter les eaux d'égout de toute la partie sud de la ville, dont les égouts se déversaient dans les pièces d'eau environnant le château ; elle reçoit également le produit du tout à l'égout du château.

Volume prévu 200 mètres cubes par temps sec, 400 mètres cubes par temps pluvieux ; eaux d'égout relativement diluées. Système unitaire.

Bassin de décantation avec trop-plein, bassin de distribution, fosse septique couverte, bassin de sortie, filtres dégrossisseurs à gros matériaux, deux lits à percolation de 1 mètre de hauteur alimentés par des siphons de chasse automatiques (système Adam's) et tuyaux de fonte perforés (fig. 15).

Installation fonctionnant depuis septembre 1909.

20. CHAZAL-BENOIT (Cher). — Colonie agricole du département de la Seine. Population : 400 habitants.

Volume d'eau traité : 400 mètres par jour.

Bassin de décantation, bassin de nettoyage, fosse septique couverte, bassin régulateur de sortie, bassin d'attente, deux lits bactériens de 1er contact, bassin avec vannes régulatrices, chambres de chasse, lit bactérien à percolation avec sprinkler rotatif.

Installation fonctionnant depuis 1910.

Coût de l'installation : 50 000 francs environ.

Aucun contrôle.

21. CHARBONNIÈRES-LES-BAINS (Rhône). — Population : 972 habitants en hiver et 4000 en été.

Réseau d'égouts du système partie séparatif, partie unitaire.

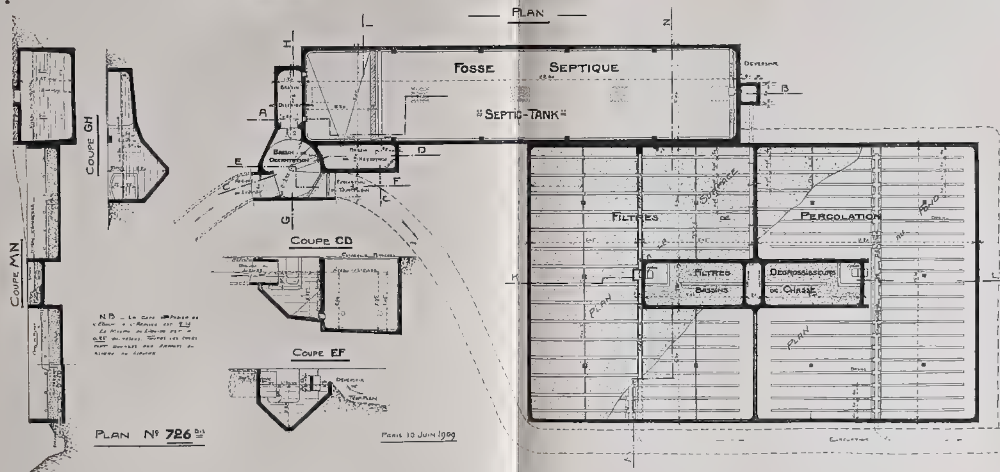

Mr A Leclerc
Architecte du Gouvernement
Chateau de Rambouillet.
Epuration Bacterienne des Eaux Residuaires système "Septic-Tank"
Installation pour traiter 200 m cubes environ par jour
Avec Trop-Plein pour Eaux d'Orage
Coupe KL
Coupe AB
Coupe IJ
Echelle 0.02 PM
Plan
Fosse Septique
"Septic-Tank"
Coupe GH
Coupe MN
Coupe CD
Coupe EF
Filtres de Percolation
Filtres Bassins
Dégrossisseurs de Chasse
Plan No 726 bis
Paris 10 Juin 1909

Fig. 35.

Fig. 16. — VILLE D'OULLINS. — Épuration bactérienne des Eaux d'égouts, Système *Septic-Tank*.

INSTALLATION POUR TRAITER 1000 M. CUBES ENVIRON PAR JOUR

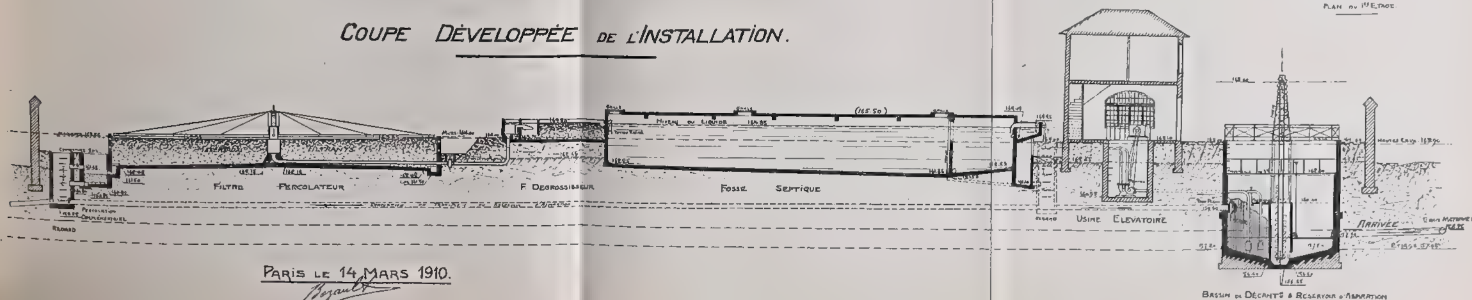
PLAN GÉNÉRAL.

ECHELLE : 0.01 P.M.

Monsieur COLARD
Agent Voyer

Le Rhône
Fleuve
Chemin de Halage
Évacuation
Fosses Septiques
Septic-Tank
Filtres Dégrossisseurs formant Bassins de Chasse
Bassin de Nettoyage
Bassin d'Arrivée
Filtre Percolateur
Distribution par Sprinkler Rotatif
Usine Élévatoire
Réservoir d'Aspiration
Bassin de Décantation
Abattoir d'Oullins
Arrivée
Ligne d'Opération
Limite du Terrain
Façade Principale
— Usine —
Plan du 1er Étage

COUPE DÉVELOPPÉE DE L'INSTALLATION.



Paris le 14 Mars 1910.

Volume des eaux à traiter : 100 mètres cubes par jour.

Bassin de décantation avec trop-plein, deux fosses septiques couvertes, deux chambres de chasse avec dégrossisseur, lit bactérien à percolation alimenté par sprinklers fixes.

En fonctionnement depuis mai 1910.

22. CHARTRES (Eure-et-Loir). — Asile d'Aligre. Population : 400 habitants. Débit journalier : 60 mètres cubes d'eaux provenant d'égouts du système séparatif.

Bassin de décantation, fosse septique avec bassin de nettoyage, réservoir d'aspiration des pompes (deux groupes).

Bassin régulateur recevant l'effluent des pompes, bassin dégrossisseur formant bassin de chasse, lit bactérien à percolation avec tuyaux en fonte perforés, lit bactérien à percolation complémentaire.

En fonctionnement depuis novembre 1910.

23. CHAMONIX (Haute-Savoie). — Hameau d'Argentières. — Population : 150 habitants en hiver, 1200 en moyenne en été.

Volume des eaux à traiter : 50 mètres cubes par jour d'eaux du tout à l'égout direct.

Traitement restreint par suite des circonstances locales spéciales.

Bassin d'arrivée avec trop-plein, bassin de décantation pour matières lourdes, bassin de décantation pour les matières flottantes. Filtres dégrossisseurs constitués de pierres granitiques très dures, mélangées de gros mâchefers, que les eaux traversent de bas en haut avant de se déverser dans le torrent.

En fonctionnement depuis octobre 1910.

24. GUINGAMP (Côtes-du-Nord). — Hôpital-Hospice. Population : 300 habitants.

Volume d'eau traité par jour : 30 mètres cubes.

Décantation, fosse septique couverte, lit bactérien de contact et lit à percolation.

Sera mis en fonctionnement en janvier 1911.

25. OULLINS (Rhône). — Population : 9.343 habitants.

Réseau d'égouts du système séparatif recevant cependant

une partie des eaux pluviales. Cube journalier prévu : 1000 mètres cubes.

L'installation (fig. 16) comprend un bassin de décantation formant réservoir d'aspiration, d'où des pompes relèvent les eaux pour les déverser dans deux fosses septiques parallèles couvertes, de chacune 500 mètres cubes de capacité environ. L'effluent des fosses traverse un filtre dégrossisseur formant bassin de chasse, d'où il est envoyé sur deux lits bactériens circulaires à percolation, alimentés par des sprinklers rotatifs. A la sortie des lits bactériens les eaux traversent des filtres de graviers.

L'effluent final est déversé dans le Rhône à 10 mètres du bord, en plein courant.

La mise en service aura lieu au début de 1911.

26. CHERAGAS (Algérie). — Population desservie : 2000 habitants.

Débit 100 mètres cubes par jour. Système séparatif.

Bassin de décantation avec trop-plein, fosse septique, filtres dégrossisseurs formant bassins de chasse, deux lits bactériens à percolation alimentés par tubes perforés, un lit bactérien à percolation complémentaire.

En fonctionnement depuis juillet 1909.

27. BALINCOURT (Seine-et-Oise). — Château. 30 mètres cubes par jour. 1909.

28. MAINTENON (Seine-et-Oise). — 25 mètres cubes par jour. 1909.

29. BAYON (Meurthe-et-Moselle). — Hôpital. — 25 mètres cubes par jour. 1910.

30. NIMES (Gard). — École normale d'institutrices. — 15 mètres cubes par jour. 1910.

31. ALGER (Algérie). — Sanatorium. — 30 mètres cubes par jour.

52. ALGER (Algérie). — Maison Carrée. — École d'agriculture. 15 mètres cubes par jour. 1907.

53. CHATEAUROUX (Indre). — Asile d'aliénés. 1907.

54. PRIVAS (Ardèche). — En construction sous la direction de M. Chardon (de Levallois-Perret) : nous en donnerons une description avec les premiers résultats dans le prochain volume.

55. VILLENEUVE-SAINT-GEORGES (Seine-et-Oise). — Projet admis par le conseil supérieur d'hygiène (voir 4e volume, page 138).

56. HARDELOT (Pas-de-Calais).

La station balnéaire, créée récemment aux environs de Boulogne, près du château et de la forêt d'Hardelot dont elle a pris

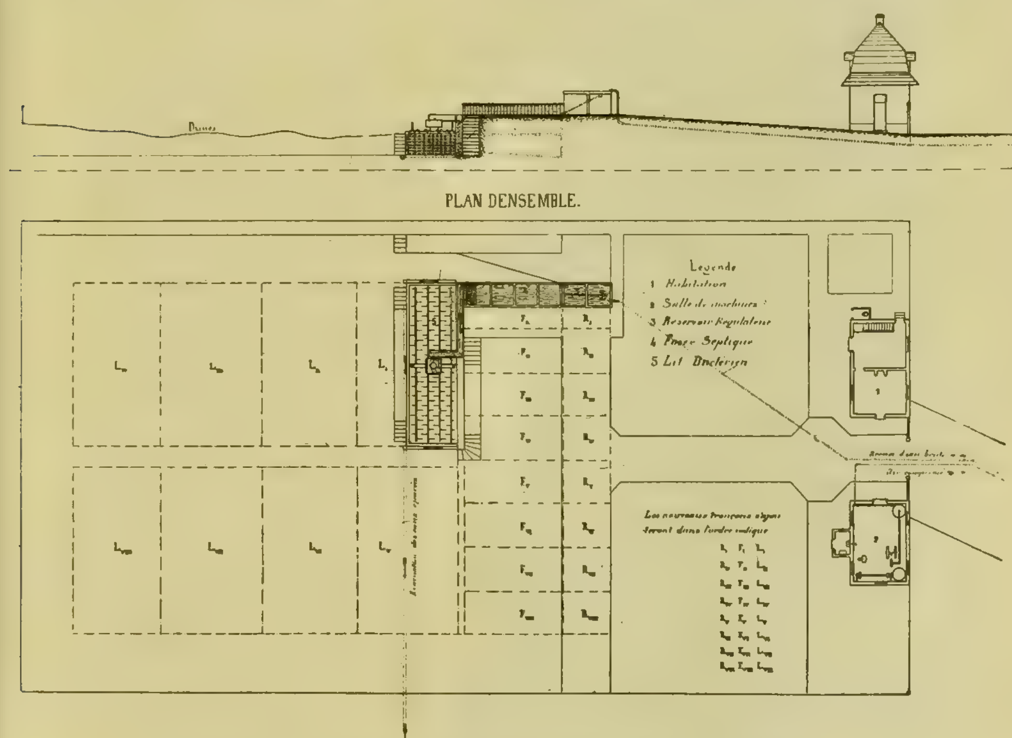


Fig. 17. — Station d'épuration d'Hardelot (plan général).

le nom, a pu, par le fait même de cette création dans une contrée presque inhabitée, être dotée d'emblée d'un système d'assainissement parfait. Un réseau de canalisation distribue

l'eau potable dans chaque maison et un autre réseau permet le tout à l'égout.

Les administrateurs de cette station ont eu l'idée d'établir un traité de concession de l'assainissement, comme on fait des traités de concession pour l'eau potable, et ils ont trouvé un concessionnaire, M. Degoix [1], ingénieur à Lille, qui s'est engagé à faire toute l'installation à ses frais, risques et périls,

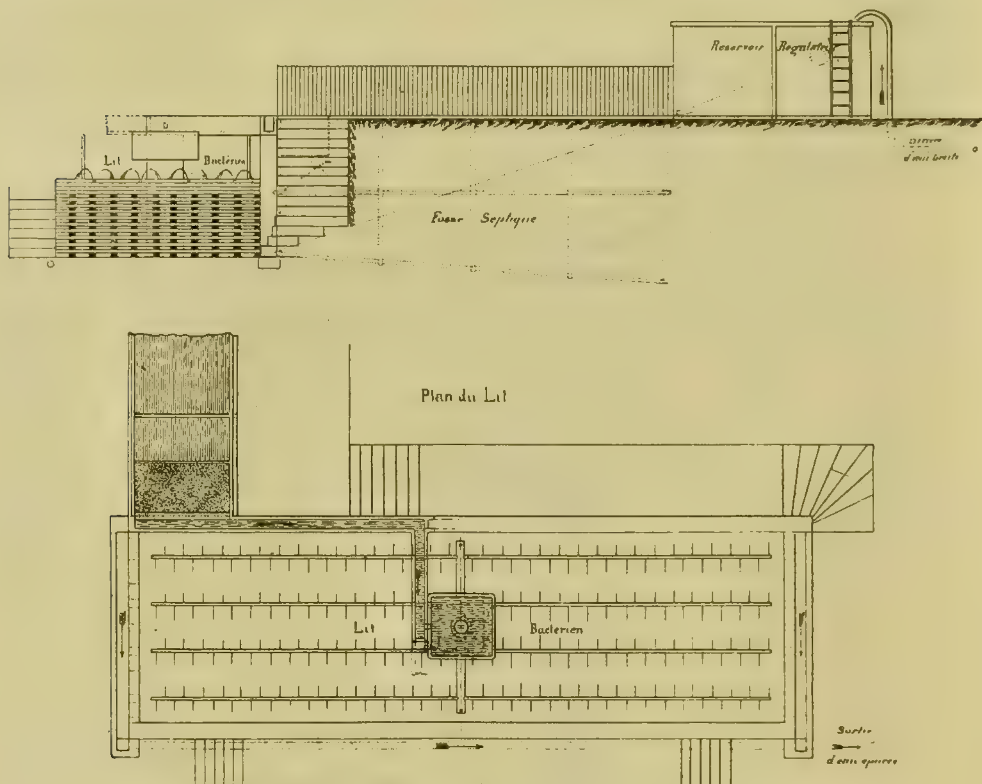


Fig. 18. — Station d'épuration d'Hardelot (plan et coupe d'une unité).

moyennant un abonnement annuel correspondant à l'importance de chaque villa et à ne déverser, dans le ruisseau d'évacuation, qu'un effluent parfaitement épuré, répondant aux conditions exigées par le conseil supérieur d'hygiène publique de France. C'est, croyons-nous, la première fois qu'une entreprise d'assainissement et d'épuration des eaux d'égout s'est effectuée dans ces conditions sur le territoire français.

Les eaux d'égout sont drainées par un réseau de canalisation

[1] M. Degoix, ingénieur, 42, rue Masséna, à Lille, a aussi dressé les plans des numéros 14, 57 à 47.

en fonte, à joints étanches, d'une longueur actuelle de 3.800 mètres, et elles s'écoulent par gravitation jusqu'à un poste de relèvement d'où elles sont refoulées par l'air comprimé à la station d'épuration.

Les plans (fig. 17) ont été établis en tenant compte du développement progressif de la station balnéaire; mais pour éviter des constructions qui ne seraient pas en rapport avec le cube d'eaux d'égout à traiter, au moins dans les premières années, le concessionnaire a divisé les installations en un certain nombre d'unités qui seront édifiées au fur et à mesure des besoins. Cette méthode aura de plus le grand avantage de déterminer la capacité épuratrice de chaque unité et de régler les agrandissements successifs suivant les résultats obtenus.

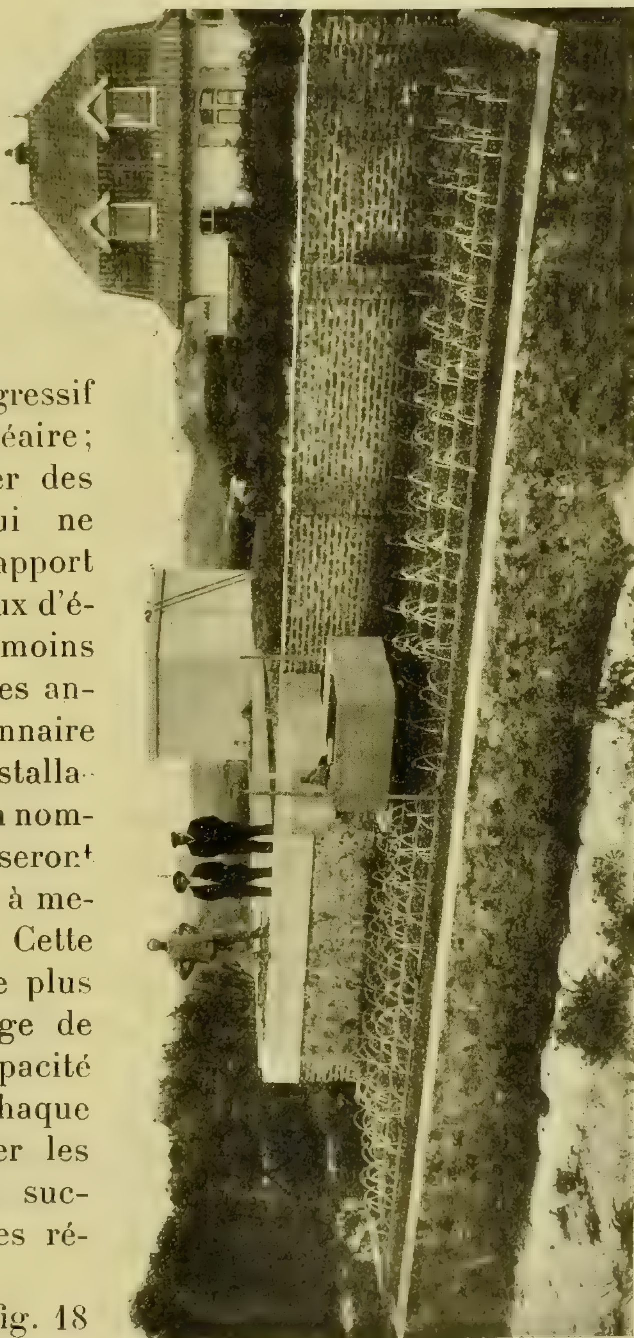


Fig. 19. — Station d'épuration d'Hardelot.

Actuellement (fig. 18 et 19), les eaux d'égout arrivent dans un bassin régulateur, destiné à uniformiser autant que possible, le débit extrêmement variable. Elles s'écoulent alors dans une fosse septique, dont l'effluent est

déversé à des intervalles réguliers sur les lits bactériens percolateurs au moyen de réservoirs avec siphons de chasse automatique et de tuyaux de fonte perforés, comme à la station expérimentale de la Madeleine.

Le volume d'eau traité par jour a été de 50 à 60 mètres cubes pendant la saison dernière (1910). Les résultats d'épuration sont excellents et la nitrification très active, comme nous avons pu nous en rendre compte par l'analyse (155 milligrammes de nitrates par litre).

37. DOCKS REMOIS A REIMS (Marne).

Mise en service, juin 1908.

Lit bactérien ouvert, sans lit de fortune, sans réservoir compensateur. — 500 à 600 ouvriers.

38. PRISON DE LOOS (près Lille, Nord).

Mise en service, novembre 1908.

Lit bactérien ouvert. — pas de réservoir régulateur, sans lit de fortune. Environ 700 détenus.

39. HOPITAL DE ROUBAIX (Nord).

Mise en service, juin 1905, transformé en 1910.

70 mètres cubes par jour. Lit bactérien ouvert. Lit de fortune, réservoir régulateur. 500 personnes environ. Désodorisation.

40. DUNKERQUE (Nord). Hôpital.

La ville de Dunkerque, très resserrée dans ses fortifications, a dû construire récemment son nouvel hôpital sur la commune de *Rosendaël*. La surface de terrain dont on disposait étant assez restreinte, les installations d'épuration devaient se trouver à proximité des bâtiments, ce qui a conduit le constructeur à adopter certains dispositifs spéciaux que nous croyons intéressant de signaler.

Les eaux d'égout (environ 40 mètres cubes par jour) sont recueillies dans un réseau de canalisations qui aboutit à deux postes de relèvement, d'où elles sont refoulées à la station d'épuration par l'air comprimé ;

Les eaux sont reçues alors dans un bassin régulateur cou-

vert, d'où elles s'écoulent dans une fosse septique couverte (fig. 20 et 21). L'effluent de la fosse septique est désodorisé

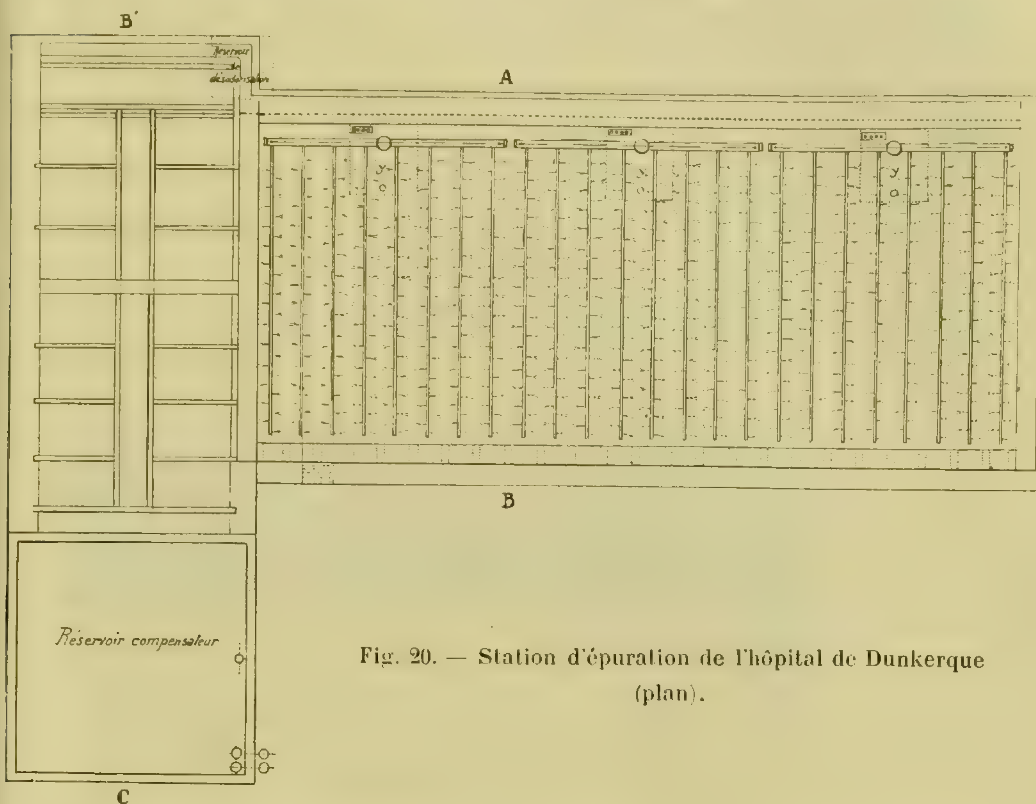


Fig. 20. — Station d'épuration de l'hôpital de Dunkerque (plan).

par l'addition, automatique et proportionnelle au débit, d'une solution diluée et filtrée de chlorure de chaux. L'expérience

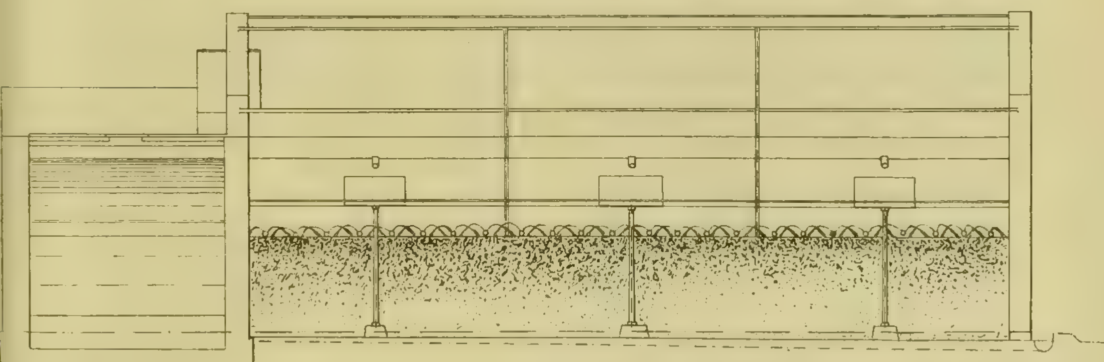


Fig. 21. — Station d'épuration de l'hôpital de Dunkerque (coupe).

a montré qu'une proportion de 2 milligrammes de chlore par litre était suffisante pour la désodorisation, et que cette dose ne nuisait en aucune façon à l'épuration biologique ultérieure.

Les lits bactériens, formés de scories, sont alimentés par des réservoirs à siphons de chasse automatique et par des tuyaux métalliques perforés. Dans le but d'éviter les effets des fortes gelées, on a établi à quelque distance de la surface des lits un léger plancher de fers en I pour supporter des paillassons.

Comme on a signalé que dans certains lits à percolation se développaient des mouches, et qu'à proximité d'un hôpital il y a lieu d'éviter leur présence, puisqu'elles peuvent transporter les germes infectieux, ou au moins incommoder les malades, le lit bactérien est recouvert d'un toit en tôle ondulée

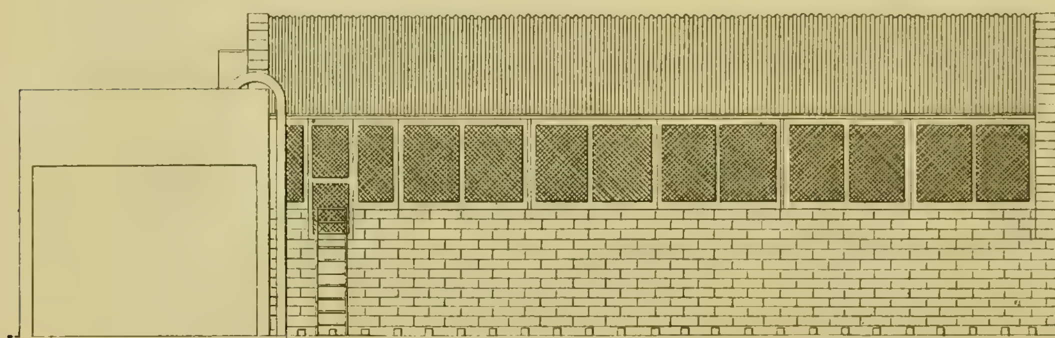


Fig. 22. — Station d'épuration de l'hôpital de Dunkerque (aspect extérieur).

et galvanisée et entouré de tous les côtés par des panneaux garnis de toile métallique formant moustiquaire (fig. 22).

Les résultats d'épuration sont excellents et nous avons examiné un échantillon de l'effluent qui présentait une nitrification très intense (185 milligrammes de nitrates par litre).

41. ÉTABLISSEMENTS MENIER, A NOISIEL. — Mise en service, novembre 1908.

Lit bactérien ouvert, sans lit de fortune, sans réservoir régulateur. 100 personnes environ.

42. CENTRAL ÉLECTRIQUE DE LILLE (Nord). — Mise en service, novembre 1909.

Lit bactérien ouvert, réservoir régulateur, sans lit de fortune. 50 ouvriers environ.

43. HOPITAL DE SECLIN (Nord). — Mise en service, août 1910.

Lit bactérien ouvert, réservoir régulateur, sans lit de fortune. 200 personnes environ.

44. CASINO D'ENGHIEN (Seine). — Mise en service, décembre 1908.

Lit bactérien fermé à ventilation artificielle, sans lit de fortune, sans réservoir régulateur. 200 à 300 personnes.

45. LYCÉE DE LILLE (Nord). — Mise en service, mai 1908.

Lit bactérien fermé, type pour habitations isolées. Ventilation, sans réservoir régulateur, sans lit de fortune. Cabinet pour 15 à 20 personnes.

46. LILLE (Nord). — Quartier des abattoirs. Description dans le volume IV, p. 144. Mise en service depuis quelques mois.

Nous publierons les résultats d'épuration dans le prochain volume.

47. SANATORIUM DE ZUYDCOOTE (Nord). — Mise en service, juin 1907, transformé en 1910.

Lit bactérien ouvert. Lit de fortune. Réservoir régulateur. 1000 à 1200 personnes.

48. SANATORIUM D'HAUTEVILLE (Ain). — Population : 140 lits, avec personnel : 175 habitants. Volume des eaux traitées journellement : environ 25 mètres cubes. Installation comportant : 1 fosse septique ouverte, 1 filtre de premier contact, 1 filtre de second contact.

49. HYÈRES (Var). — Sanatorium du Mont-des-Oiseaux, servant actuellement de convalescence pour les officiers des armées de terre et de mer. Population d'environ 200 personnes. Volume des eaux du système séparatif : environ 35 mètres cubes ; installation comportant un bassin d'arrivée : 1 fosse septique couverte, 2 filtres de premier contact, 1 filtre de second contact.

Installation en service depuis trois ans. Résultats assez

irréguliers ; il est vrai de dire que le fonctionnement est intermittent par suite de l'abandon presque complet de l'établissement en été.

50. AIX-EN-PROVENCE (Bouches-du-Rhône). — Population : 25 000 habitants. Les deux projets classés en première ligne à la suite d'un concours qui a eu lieu en octobre 1909, prévoient l'épuration des eaux, du système séparatif, par des fosses septiques et des filtres percolateurs avec distribution par sprinklers rotatifs.

51. MANCIEULLES (Meurthe-et-Moselle). — **Assainissement d'une cité ouvrière et d'un nouveau village.** — L'exploitation minière demandant une main-d'œuvre très importante, les compagnies ont dû pourvoir au logement de leurs nombreux ouvriers et employés. Après les modestes maisons ouvrières du début, souvent agglomérées en *corons*, elles ont créé des types de plus en plus confortables jusqu'aux cités-jardins établies dans ces dernières années. Cependant, si la plupart avaient songé à l'alimentation en eau potable, il n'est pas à notre connaissance, au moins en France, d'exemple qu'elles aient appliqué les nouveaux principes d'assainissement en ce qui concerne les eaux usées. C'est cet ensemble qui a été réalisé sur notre conseil par la Société des Mines de Saint-Pierremont à Mancieulles (Meurthe-et-Moselle), et dont la description est donnée par son directeur, M. Hanra [1]. (fig. 23 et 24).

Pour l'assainissement, on a adopté le tout à l'égout avec système séparatif partiel, car les eaux de toiture s'écoulent dans les égouts par raison d'économie. Les autres eaux pluviales sont écartées.

Les égouts reçoivent :

1° Les eaux des water-closets (un réservoir de chasse de 8 litres est installé dans les water-closets à la turque placés à l'intérieur de chaque logement);

2° Les eaux ménagères (un robinet d'eau potable est placé sur l'évier de chaque cuisine);

3° Les eaux de pluies des toitures;

[1] *Technique sanitaire*, juin 1910.

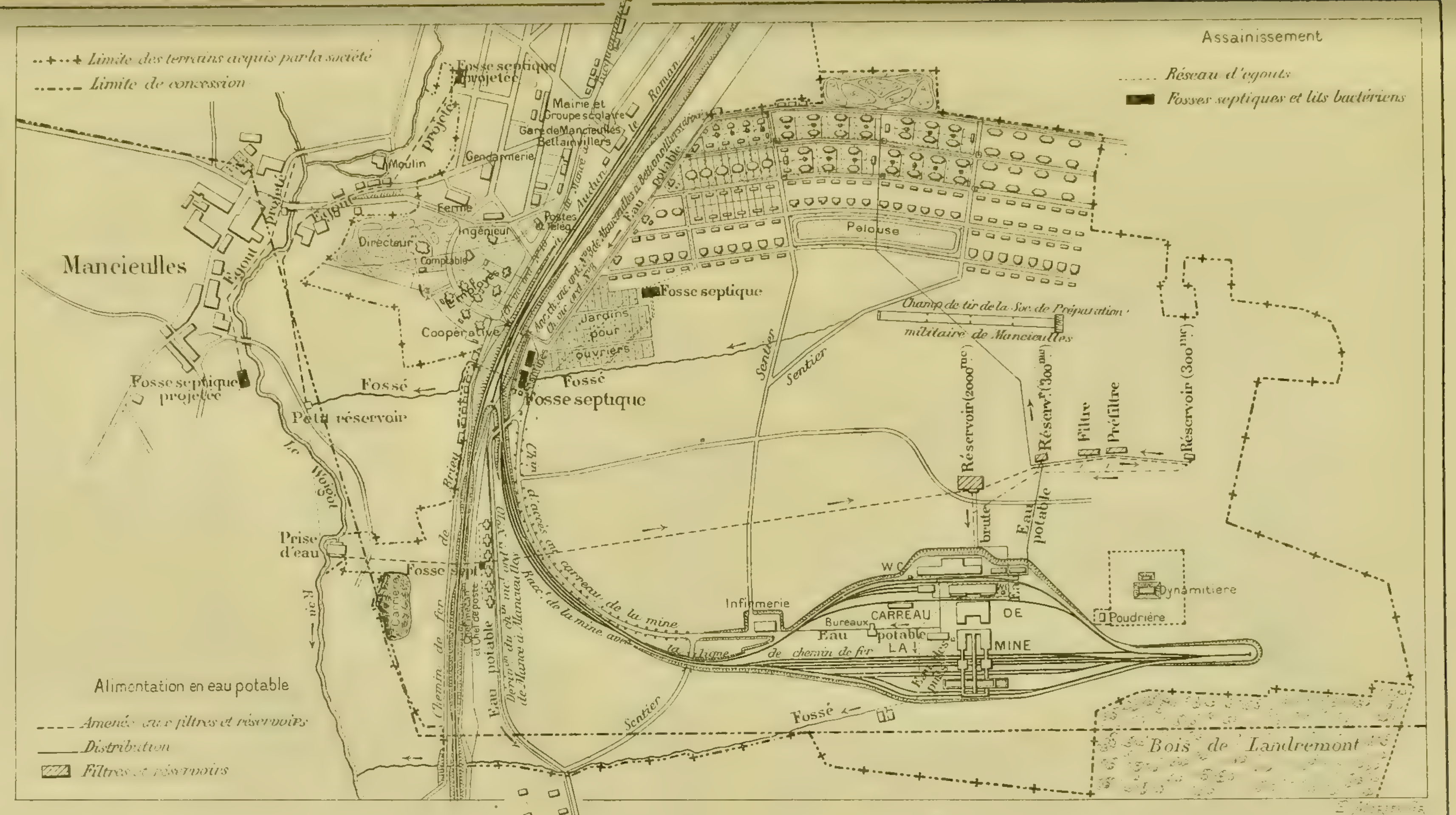


Fig. 23. — Station d'épuration de Mancieulles (plan général).

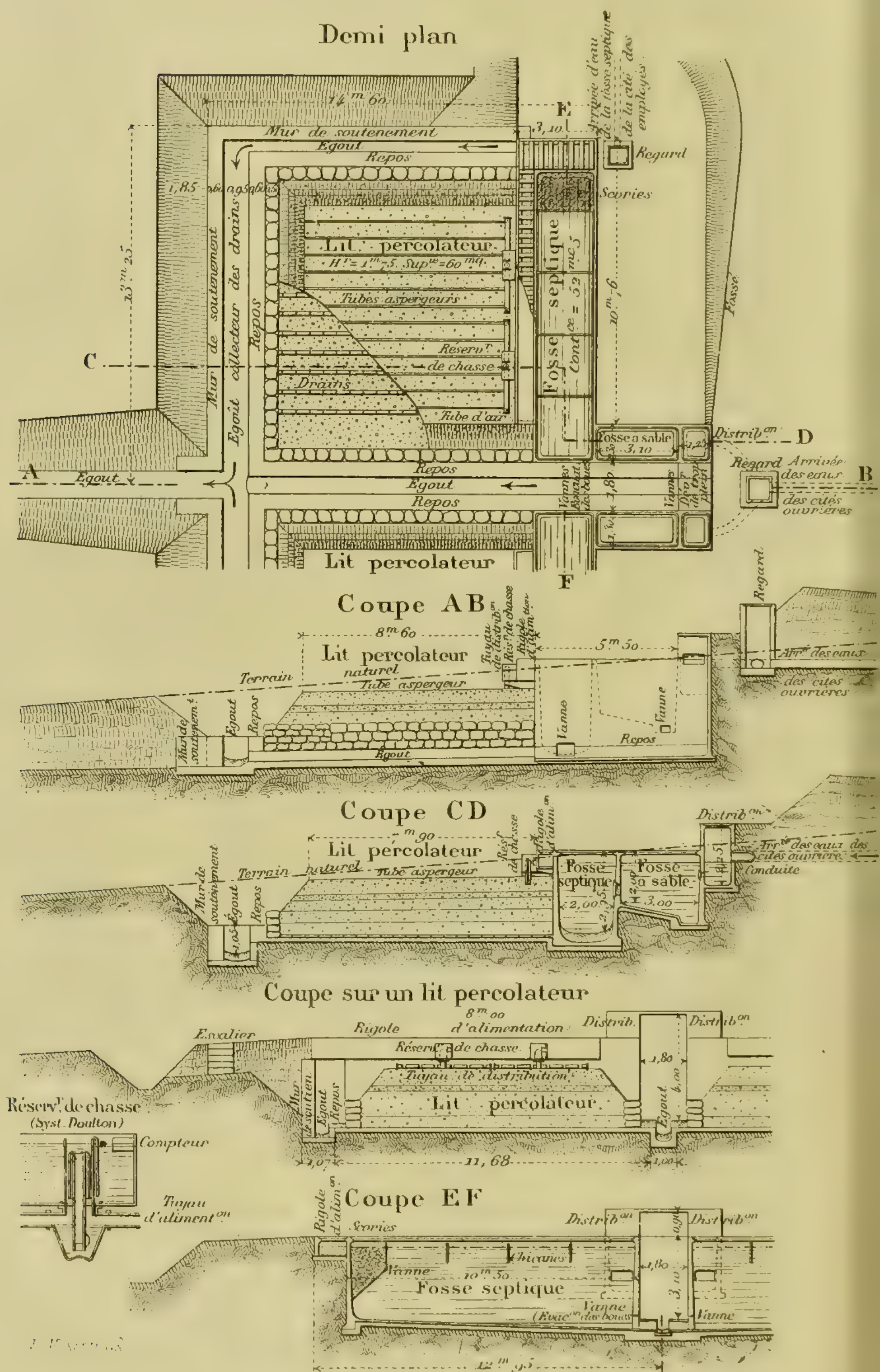


Fig. 24. — Station d'épuration de Mancieulles (plan et coupes).

4° Les eaux d'infiltrations des caves.

Toutes les tuyauteries se rendant à l'égout sont siphonées.

Les canalisations sont en tuyaux de grès de 250 millimètres de diamètre depuis les réservoirs de chasse.

L'épuration des eaux d'égout est effectuée selon la méthode et les dispositifs adoptés à la station de la Madeleine (Institut Pasteur de Lille). Pour éviter les longues canalisations et les frais de pompage, il existe deux installations, l'une pour le village ouvrier, l'autre pour la cité des employés.

La première a été établie par unités permettant d'épurer les eaux usées de 500 habitants. La première unité, seule établie actuellement, comprend une fosse à sable, une fosse septique de 50 mètres cubes, un lit bactérien percolateur de 50 mètres carrés composé d'un tiers de pierres calcaires et deux tiers de scories sur 2 mètres de hauteur, alimentés par des réservoirs de chasse projetant l'eau par des tubes en fer percés de trous, à la surface du lit. A la sortie, l'effluent est encore aéré par épandage sur un terrain assez plat, avant de se rendre dans le ruisseau.

Pour la cité des employés, la fosse septique n'a que 36 mètres cubes et le lit bactérien une surface correspondante.

Enfin, pour une petite cité isolée (30 personnes environ), il a été établi une fosse septique de 5 mètres cubes dont l'effluent est épuré par épandage sur un terrain avoisinant.

Toutes ces installations fonctionnent depuis mars et mai 1909 et donnent la plus entière satisfaction. Nous avons eu à examiner à plusieurs reprises, à l'Institut Pasteur de Lille, les effluents des lits bactériens et nous les avons reconnus parfaitement épurés.

PROGRAMME D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE TOULOUSE.

Par E. Rolants[1].

Toulouse est une ville importante non seulement par le nombre de ses habitants, 149 438, ce qui la classe la sixième

[1] Rapport au Congrès de l'Association pour l'avancement des sciences. (Toulouse, août 1910).

de France, mais aussi par son activité industrielle et commerciale; malheureusement elle ne présente pas un état sanitaire irréprochable. La statistique publiée par le Ministère de l'Intérieur pour 1908 donne les nombres suivants :

	Naissances. par 1000 habitants.	Décès.
Paris (2 722 731 habitants)	18,7	17,7
Villes de plus de 100 000 habitants, moyenne	20,7	21,2
Toulouse	18,2	25,1

Parmi les villes ayant plus de 100 000 habitants, si on en exclut les deux ports de Toulon et Marseille, c'est Toulouse qui a fourni le plus grand nombre de cas de fièvre typhoïde, 51, pendant cette même année.

D'après MM. *Macé et Imbeaux* (*l'Hygiène et la Salubrité générales des collectivités urbaines et rurales*) ([1]), « d'une façon générale, on peut dire que ce sont les nombreux déchets de la vie et de l'activité humaine qui déterminent, dans toutes ces agglomérations, les causes d'insalubrité. Ces déchets vicient l'atmosphère, polluent le sol, contaminent directement ou indirectement les eaux; ils modifient d'une façon spéciale, défavorable, le milieu urbain constitué, qui peut déjà se ressentir de conditions plus ou moins mauvaises résultant de la situation, du climat de la ville ».

A Toulouse, comme encore dans bien des villes de France, les égouts ne servent qu'à l'évacuation des eaux pluviales et des eaux ménagères et industrielles, tandis que les excreta humains ou animaux sont reçus dans des fosses fixes attenantes à chaque maison. Ce voisinage immédiat de matières en putréfaction qui dégagent toujours des odeurs malsaines, est encore rendu plus dangereux par la contamination fréquente du sous-sol, car si certaines fosses sont plus ou moins étanches, la plupart sont intentionnellement transformées en puisards qui permettent l'absorption des matières par le sol.

Aussi la municipalité, voulant appliquer le principe hygiénique que tous les déchets de la vie doivent être évacués le plus rapidement possible, sans séjourner ni fermenter dans

([1]) *Traité d'Hygiène* de Chantemesse et Mosny. Paris. Baillière. 1910.

les maisons, a-t-elle ouvert en 1906 un concours pour l'assainissement de la ville. Les articles principaux du programme étaient les suivants :

Art. 2. — L'attention des concurrents est appelée sur ce fait que, par suite des dispositions défectueuses des égouts existants, du défaut de pente de la ville, de l'absence dans la banlieue de Toulouse de champs d'épandage suffisants et convenablement situés, par suite aussi de la difficulté de se procurer en abondance l'eau nécessaire à la dilution des matières, le système du tout à l'égout unitaire avec champs d'épandage, tel qu'il est appliqué à Paris, dans la presqu'île de Gennevilliers, semble devoir se heurter à des difficultés particulières.

. . . .

Art. 3.

Les projets devront être conçus de manière à utiliser, partout où cela sera possible, tout au moins pour l'évacuation des eaux pluviales, les égouts existants. Ces égouts, dont l'étanchéité est, sur beaucoup de points, imparfaite, ne devront, en aucun cas, recevoir les produits des fosses d'aisances.

. . . .

Art. 4. — L'entreprise a pour objet :

1° De prendre à domicile et de recevoir dans des conduites souterraines étanches, pour les amener au dehors dans une usine où elles seront traitées, soit par des procédés mécaniques, soit par des procédés chimiques, soit par des procédés biologiques, soit par des systèmes mixtes comportant une combinaison judicieuse et rationnelle de ces différents procédés, non seulement toutes les eaux ménagères, mais encore tous les produits des fosses d'aisances, et généralement toutes les eaux souillées, à quelque titre et de quelque manière que ce soit ;

2° De restituer à la Garonne, en aval de la Chaussée de Bazacle, ces eaux complètement débarrassées de tous germes pathogènes et ne contenant pas un nombre de bactéries non pathogènes supérieur à celui que les analyses microbiologiques permettent de découvrir dans les eaux de la Garonne puisées au pont d'Empalot ;

3° De traiter, par le procédé le mieux approprié aux circonstances locales, les boues provenant de l'épuration des eaux usées;

4° De conduire directement à la Garonne les eaux des pluies, ainsi que les eaux industrielles préalablement traitées.

La commission chargée d'examiner les projets présentés au concours n'en retint aucun pour des raisons diverses qu'il serait trop long d'énumérer, et déclara qu'il n'était pas douteux qu'une étude sur place permettrait d'établir un projet définitif.

Les concours, tels que celui qui a été ouvert par la municipalité toulousaine ne peuvent facilement aboutir, car l'étude de l'assainissement d'une ville de cette importance est longue et demande le concours d'hommes compétents, ingénieurs et hygiénistes, dégagés de toute préoccupation de faire prévaloir un système dont ils sont les inventeurs ou les exploitants. De plus les industriels, qui désirent concourir, ne peuvent pas toujours engager les dépenses de temps et d'argent nécessaires pour l'établissement d'un projet.

Il serait préférable, comme l'ont déjà compris certaines municipalités, de demander à quelques ingénieurs et hygiénistes indépendants de se charger, avec bien entendu le concours constant des services municipaux, de tracer un programme d'ensemble de l'assainissement. Ce programme arrêté faciliterait la tâche des industriels appelés ensuite à concourir et leur permettrait d'établir des plans et devis définitifs qui donneraient à la municipalité une idée nette des sacrifices qu'elle doit s'imposer.

Toulouse possède actuellement un peu plus de 42 kilomètres d'égouts, dont un quart en médiocre ou mauvais état. Dans les articles 2 et 3 du programme de concours, la municipalité indique que ces égouts devront servir à l'évacuation des eaux pluviales. Il ne semble pas qu'on doive y admettre les eaux industrielles car, à l'exception des eaux de condensation ou de réfrigération, la plupart de ces eaux, bien que ne pouvant être suspectées de renfermer des germes pathogènes, sont très souillées. Comme il n'existe pas d'industries rejetant des eaux résiduaires d'une composition capable de compromettre une méthode d'épuration, il serait préférable de recevoir ces eaux industrielles dans le réseau vanne.

Le choix du système séparatif, qui a reçu l'approbation de la commission du concours, s'impose à Toulouse, par suite principalement du défaut de pente de la ville, ce qui oblige, au moins pour une partie du territoire, à relever les eaux pour les conduire à l'usine d'épuration, et aussi en raison de l'utilité incontestable de cette épuration avant le rejet au fleuve.

Les égouts existants, servant à l'évacuation des eaux pluviales, doivent aussi servir à l'assainissement. Ils seront aménagés de telle sorte qu'ils puissent abaisser et maintenir le niveau de la nappe souterraine à une hauteur suffisante au-dessous de la surface, de manière à éviter une trop grande humidité dans les murs des habitations et une invasion de l'eau dans les caves. Cette précaution est indispensable à Toulouse, où le sol est très argileux, et où les inondations sont à craindre par les grandes crues de la Garonne.

Le réseau vanne doit toujours être de faible section et établi de telle sorte que les liquides y circulent rapidement sans stagnation. Des chasses périodiques doivent balayer toutes les canalisations et des regards fréquents, tous les 50 mètres au maximum, doivent permettre de les visiter. Il y a lieu d'y prévoir une bonne ventilation et des dispositifs capables d'empêcher le reflux des odeurs dans les habitations.

Il existe de nombreux systèmes de relèvement des eaux. Leur étude nous entraînerait hors du cadre d'un rapport; du reste leur choix est dépendant plutôt des questions économiques que des questions hygiéniques.

Épuration. — Dans les *Instructions générales relatives à la construction des égouts, à l'évacuation et à l'épuration des eaux d'égout* élaborées par MM. *Masson* et le *Dr A. Calmette* et approuvées par le *Conseil supérieur d'Hygiène publique de France*, nous trouvons : « Il n'est pas admissible qu'une ville puisse souiller d'une manière quelconque les cours d'eau qui traversent ou qui coulent dans son voisinage.

« Il faut que, tenant compte des circonstances et des dispositions spéciales à chaque localité, les autorités sanitaires n'exagèrent pas les difficultés du problème à résoudre et sachent se borner à exiger que les eaux usagées soient rendues imputrescibles aux nappes souterraines ou aux cours d'eau.

Il serait évidemment déraisonnable d'imposer aux municipalités l'obligation de rendre aux rivières ou aux fleuves une eau plus pure que celles qu'on peut leur emprunter.

« Quel que soit le procédé employé, on peut admettre que l'épuration est satisfaisante et que l'eau traitée peut être évacuée sans inconvénients quand elle ne renferme aucune matière en suspension susceptible de se déposer sur les bords ou dans le lit des rivières, ni aucune matière en solution capable, soit de fermenter en dégageant des gaz nauséabonds, soit d'intoxiquer les êtres vivants, animaux ou végétaux. »

La ville de Toulouse doit rejeter ses eaux épurées dans la Garonne; les 20 000 mètres cubes d'eaux se dilueront alors dans un volume considérable. Le débit minimum du fleuve étant de 3 024 000 mètres cubes par jour, la dilution sera de 150 fois et par débit moyen de 6 912 000 mètres cubes par jour elle sera portée à 345 fois.

Cette situation très favorable est malheureusement diminuée par ce fait que des villes très proches en aval (Blaganac à 6 kilomètres) s'alimentent avec les eaux de la Garonne. Il est donc indispensable de pousser l'épuration aussi loin que possible pour que la composition des eaux du fleuve à l'arrivée à Blaganac soit sensiblement la même que celle des eaux en amont de Toulouse.

Les données du problème étant posées, voyons quels procédés d'épuration peuvent être proposés pour les eaux d'égout de Toulouse.

On peut dire qu'actuellement seules les *méthodes biologiques* (*naturelles ou artificielles*) permettent d'obtenir une épuration satisfaisante, l'emploi des moyens mécaniques ou des réactifs chimiques n'étant plus considérés que comme des traitements préliminaires.

En effet, la minéralisation de la matière organique des eaux d'égout, c'est-à-dire sa destruction pour obtenir une eau épurée imputrescible, est naturellement l'œuvre des microbes qui sont chargés de remettre en circulation les éléments combinés dans les déchets de la vie.

Les eaux d'égout forment un milieu contenant les matières organiques les plus diverses, depuis les plus complexes, voisines de l'état vivant, jusqu'aux plus simples. Le rôle des

microbes dans la nature est de détruire ces matières organiques, et, pour cela, il faut l'action successive et pratiquement simultanée d'une infinité d'espèces. Les uns commencent la dégradation, les autres la continuent, et, de proche en proche, on arrive à la production d'éléments simples ou de combinaisons que nous sommes habitués à classer parmi les composés minéraux. Les substances solubles deviennent de suite la proie des microbes; celles qui sont insolubles doivent d'abord se dissoudre sous l'action des diastases sécrétées par les ferments qui s'y implantent.

Les substances ternaires, telles que la cellulose, les sucres, etc., sont brûlées intégralement et donnent de l'acide carbonique et de l'eau. Des transformations analogues s'accomplissent pour les matières azotées et les derniers termes sont l'azote, l'ammoniaque et l'acide carbonique. Mais ici la transformation va plus loin : de nouvelles espèces de microbes oxydent l'ammoniaque pour former l'acide nitrique.

Tous les microbes capables de concourir à l'épuration se trouvent normalement dans les eaux d'égout, aussi tous les efforts doivent tendre à les mettre dans les conditions les plus favorables à leur action.

La *méthode biologique naturelle* est ordinairement appelée *épandage* et mieux *irrigation terrienne* ou *irrigation culturale*. Si on peut obtenir l'épuration sur la plupart des sols, il en est relativement peu qui peuvent être pratiquement employés dans ce but. La matière organique des eaux d'égout doit être complètement retenue dans les couches superficielles; le sable la laisse trop facilement passer; l'argile qui la retient bien est imperméable à l'eau. Il faut donc que le sol soit composé de sable et d'argile, ou de calcaire et d'argile, ou encore de sable et d'humus. Il faut aussi pour que la minéralisation de cette matière organique soit rapide, qu'elle soit placée dans un milieu meuble et bien aéré, pour que les microbes y trouvent toujours un grand excès d'oxygène. L'eau doit s'écouler assez rapidement pour que les terres ne soient jamais immergées; aussi est-il toujours indispensable de les drainer soigneusement.

Les doses d'irrigation sont donc très variables suivant les terrains, ce qui explique pourquoi la dose légale annuelle dans

les domaines de la ville de Paris est de 40 000 mètres cubes par hectare, tandis qu'elle n'est en Allemagne et en Angleterre que de 12 à 15 000 mètres cubes. Ces doses varient aussi dans des proportions considérables avec la culture et M. Vincey a montré que les prairies permanentes peuvent recevoir 4 fois la dose légale tandis que les pommes de terre ne peuvent en recevoir que la moitié et les asperges le quart.

Il ne semble pas que l'épandage soit applicable aux eaux d'égout de Toulouse, car, ainsi que le fait pressentir l'article 2 du programme du concours, son application se heurterait à des difficultés particulières. L'opinion de MM. Imbeaux et Launay, qui, lors de ce concours, ont pu s'en rendre compte sur place, est que les terrains de la vallée de la Garonne sont argileux.

Il serait peut-être possible de trouver à une assez grande distance de la ville des terrains propices, mais alors les longues canalisations et les dépenses consécutives de pompage ne seraient-elles pas prohibitives?

Il faut ajouter qu'un traitement préalable, tel que le dégrossissage par des filtres, permet dans tous les cas d'élever d'une façon très importante la dose d'irrigation et ainsi d'en faciliter l'opération.

Les difficultés de l'épandage des eaux d'égout et l'étude des transformations qui s'accomplissent alors dans le sol ont conduit à rechercher les moyens capables d'obtenir l'épuration sans être sous la dépendance des situations locales, et de diminuer autant que possible les surfaces nécessaires; de là sont nées les *méthodes biologiques artificielles*.

L'épuration des eaux d'égout comprend deux phases : dans la première on en sépare les matières en suspension, dans la seconde ou épuration proprement dite on détruit la matière organique en solution.

Déjà, dans l'épandage, les boues causent un embarras, car elles colmatent la surface du sol qui ne se laisse plus traverser par l'eau et on est obligé, par des labourages, de briser cette enveloppe.

Dans les méthodes biologiques artificielles on a employé divers procédés pour l'élimination des boues, ce sont : la décantation, la précipitation chimique et la fosse septique.

La *décantation*, soit par repos, soit par écoulement continu ralenti, a le grave inconvénient de donner des boues en voie de décomposition et par suite très désagréables à manier et à transporter. On peut faire le même reproche au dégrossissage obtenu par les filtres à gravier.

La *précipitation chimique* facilite beaucoup le dépôt des matières en suspension et de plus entraîne certaines matières colloïdales organiques. Mais, si elle donne les meilleurs résultats avec les eaux résiduaires industrielles de composition constante, il n'en est pas de même avec les eaux d'égout de villes. La composition de ces dernières est extrêmement variable dans le cours d'une journée et la précipitation, pour être bonne, doit être produite par une dose de réactif chimique en proportion donnée.avec la quantité de matière à précipiter; il ne paraît pas qu'il existe actuellement un dispositif permettant d'obtenir ce résultat.

La *fosse septique* a d'abord pour rôle de permettre la décantation des matières en suspension par le ralentissement de l'écoulement de l'eau dans cette fosse. Les boues qui s'accumulent au fond ou à la surface de ces fosses fermentent. Sous l'influence des microbes et des diastases qu'ils sécrètent, une partie plus ou moins importante de la matière organique de ces boués se dissout et se gazéifie. Après un certain temps de séjour, les boues des fosses n'ont plus le même aspect et elles sont devenues imputrescibles. On a l'avantage de diminuer le poids des boues à évacuer, 20 pour 100 au minimum et souvent beaucoup plus avec le système séparatif, et de faciliter leur manipulation, car elles ne sont plus offensives; aussitôt égouttées, elles se dessèchent facilement sans dégager aucune odeur.

L'épuration proprement dite s'opère dans les lits bactériens. Ce sont des sols artificiels qui doivent être composés de matériaux à surface aussi tourmentée que possible, entre lesquels l'air puisse circuler abondamment. L'explication du mécanisme de l'épuration est la suivante : lorsque l'eau, après un traitement préalable qui lui a enlevé toutes les matières en suspension, est déversée en petite quantité sur ces lits, elle ruisselle à la surface des matériaux sur lesquels se fixent, à la manière d'une teinture, les matières organiques solubles qu'elle

contient. Ces matières organiques, lorsque l'eau s'est écoulée, sont la proie de très nombreuses espèces de microbes qui, avec l'aide de l'oxygène de l'air, les brûlent et il ne reste plus comme produits ultimes que l'acide carbonique, l'azote et l'eau et comme témoins les nitrates et nitrites. Une nouvelle venue d'eau entraîne ces produits en abandonnant en échange la matière organique.

Pour que l'épuration soit parfaite il faut que les périodes de déversement d'eau sur les lits soient réglées de telle façon que, pendant les périodes d'aération, les microbes puissent agir complètement. Ceci amène à proportionner l'importance des lits bactériens à la pollution de l'eau. Pour une eau d'égout de composition moyenne, on sait actuellement qu'on peut obtenir une bonne épuration en traitant 1 mètre cube d'eau par mètre carré de lit bactérien à percolation de 1 m. 50 de hauteur minimum, par 24 heures. Mais comme pendant certaines heures, à moins de prévoir des appareils régulateurs de débit, l'afflux d'eau est plus important, on doit se régler sur l'heure la plus chargée et construire des lits en conséquence. Il peut être aussi avantageux de créer des bassins régulateurs.

La répartition de l'eau à la surface des lits est un problème assez délicat à résoudre, car tous les systèmes employés actuellement ont leurs avantages et aussi leurs inconvénients. Les appareils rotatifs, sprinklers ou tourniquets hydrauliques, permettent une assez bonne épuration, mais ils sont très coûteux, d'un mécanisme assez délicat; ils cessent de fonctionner lorsque le vent est contraire ou lorsque le débit est très faible, à moins d'être munis de réservoirs de chasse. Les appareils construits sur le principe de la roue hydraulique donnent une répartition peut-être meilleure, mais ils sont aussi très coûteux; ils cessent de fonctionner par les faibles débits ou lorsqu'un obstacle vient à se produire sur le trajet de la roue directrice, aussi certains de ces appareils (par va-et-vient) sont-ils reliés à une force motrice. Le dispositif adopté à la station de la Madeleine est plus simple; il se compose de réservoirs de chasse avec des tuyaux en fonte perforés de distance en distance de trous à 45°; la répartition est suffisante et les trous se bouchent rarement. On obtient encore

de bien meilleurs résultats en munissant les tuyaux en fonte de becs pulvérisateurs; il est indispensable alors de disposer d'une certaine pression qui est quelquefois coûteuse à obtenir; il faut signaler aussi que les becs doivent être souvent nettoyés.

Quel que soit le dispositif adopté, et si le projet a été bien étudié, on peut obtenir une épuration aussi bonne qu'on peut la désirer pratiquement, comme il a été dit plus haut.

On a reproché aux procédés biologiques artificiels, et aussi souvent à l'épandage, de fournir des effluents peu épurés, bactériologiquement, car ils contiennent encore un grand nombre de germes. Il serait remarquable que les microbes, tels des acteurs dans une comédie, disparaissent aussitôt après avoir rempli leur rôle. On semble aussi oublier les phénomènes d'auto-épuration qui se produisent dans les rivières et les fleuves aux dépens des eaux d'égout brutes. Il y a cependant tout lieu de penser, et c'est ce qui se passe dans la pratique, que dans une eau épurée ensemencée des germes ayant accompli l'épuration, celle-ci s'achèvera rapidement, et qu'ensuite, tout aliment ayant disparu, les microbes cesseront de se reproduire et disparaîtront eux aussi.

A quelle distance du point de déversement ce résultat est-il atteint? C'est ce qu'il n'est pas possible d'indiquer, car une foule de facteurs interviennent : pollution antérieure de l'eau du fleuve, débit, vitesse de l'eau, etc. Dans le cas de Toulouse, il existe à proximité en aval des villes s'alimentant en eau dans la Garonne. Il faut d'abord remarquer qu'une eau de fleuve doit toujours être considérée comme suspecte car elle est exposée à toutes les souillures; aussi doit-on toujours la purifier. La ville de Toulouse rejette actuellement des eaux d'égout au fleuve. Comme on sait par exemple que les urines peuvent renfermer le bacille typhique, il y a de grandes chances pour que ce bacille se soit trouvé déjà dans la Garonne.

On peut cependant se mettre à l'abri de ce reproche, car de nombreuses expériences faites aux États-Unis ont montré que l'addition de quelques milligrammes de chlore par litre d'eau épurée, avec un temps d'action déterminé, permet d'obtenir une eau pratiquement stérile, c'est-à-dire ne contenant

plus qu'un petit nombre de germes saprophytes assez résistants, comme le bacillus subtilis, et en tout cas infiniment moins peuplée que l'eau du fleuve.

CONCLUSIONS

L'assainissement de la ville de Toulouse peut être réalisé de la façon suivante :

Le réseau d'égouts actuel recevra uniquement les eaux de pluies et de fonte des neiges à l'exclusion de toute eau ménagère, industrielle ou de latrine publique ou privée. Il sera aménagé de façon à effectuer le drainage du sous-sol.

Un réseau-vanne sera créé de toutes pièces pour l'évacuation de toutes les eaux polluées, eaux ménagères, eaux industrielles, matières de vidange. Il sera établi par sections de façon à utiliser les pentes naturelles lorsqu'elles seront suffisantes et à éviter de relever un trop grand volume d'eau pour le conduire à l'usine d'épuration. Les égouts seront bien ventilés et pourvus de dispositifs pour éviter le reflux des odeurs dans les habitations. Ils seront balayés à des intervalles suffisamment rapprochés par des chasses de façon à ce qu'il ne s'y produise de stagnation ou dépôt en aucun point.

L'usine d'épuration sera située dans un quartier peu peuplé, et à une certaine distance des habitations. Le terrain choisi aura une superficie permettant de prévoir une extension de l'installation en rapport avec l'accroissement de la population. Il sera utilement entouré de plantations d'arbres à feuillage persistant.

L'épuration des eaux d'égout sera effectuée suivant les méthodes biologiques artificielles, c'est-à-dire par fosses septiques et lits bactériens à percolation. Les fosses septiques seront en nombre suffisant pour que certaines d'entre elles puissent être mises hors service pendant les périodes de dragage des boues sans qu'il s'en suive aucune interruption d'opération. S'il est reconnu utile de les couvrir, il est indispensable que cette couverture ne puisse être un obstacle ou une gêne à l'enlèvement facile des boues. Il y a lieu de prévoir une surface de terrain suffisante pour l'égouttage et le

séchage des boues. Elles pourront alors être brûlées, mélangées aux gadoues de la ville.

Les lits bactériens seront construits en matériaux présentant la plus grande surface possible et peu sensibles aux influences atmosphériques, c'est-à-dire ne s'effritant que très difficilement. Il faudra régler le choix des appareils de répartition des eaux sur les lits sur le prix de ces appareils et surtout sur leur robustesse et leur facile entretien ; il se portera principalement sur les dispositifs les plus simples.

Si la stérilisation des effluents épurés paraît indispensable, il suffira de recevoir ces effluents, additionnés d'une proportion convenable d'une solution de chlorure de chaux, dans une fosse qui soit de capacité suffisante pour les retenir pendant deux heures à l'heure la plus chargée de la journée. Cette opération pourrait n'être faite qu'à certaines époques de l'année ou lorsqu'il se sera déclaré des maladies infectieuses comme la fièvre typhoïde.

CHAPITRE V

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN GRANDE-BRETAGNE

L'épuration des eaux d'égout en Angleterre.

On s'occupe toujours d'une façon très attentive de l'épuration des eaux d'égout en Angleterre, comme le montre le rapport récent de Hugh Stowell au *Mersey and Irwell Joint Committee*. Les questions que doit traiter ce Comité sont différentes de celles soumises aux autorités des États-Unis. Tandis que 6 nouvelles installations d'épuration ont été mises en activité pendant les deux dernières années, on a apporté la plus grande attention à l'amélioration et à l'agrandissement des installations existantes dans le but de les rendre plus efficaces. On a ainsi remanié 32 installations municipales et 54 industrielles. On comprendra l'importance de l'épuration dans ce petit district anglais par ce fait que 88 communes sur 92 ont des installations en fonctionnement; de plus, sur les 386 usines pour lesquelles l'épuration des eaux résiduaires est nécessaire, il n'y en a que 19 qui n'aient pas d'installations pour prévenir ou réduire la contamination des rivières. Il est intéressant de noter que, sur les 367 installations industrielles, 297, ou 81 0/0, donnent des résultats satisfaisants, tandis que seulement 67 0/0 des installations municipales donnent un effluent d'un degré de pureté admis par le Comité. Ce Comité ne peut pas prévenir le mauvais fonctionnement des installations, mais il peut exiger les modifications utiles lorsque l'inefficacité est démontrée [1].

[1] *Eng. Rec.*, 20 août 1910, p. 199.

Installation idéale d'épuration d'eaux d'égout.

D'après W.-C. Easdale [1].

L'auteur tire ses enseignements de la visite d'un grand nombre d'installations d'épuration d'eaux d'égout dont les résultats étaient bons et d'autres défectueux.

Il montre d'abord combien certaines autorités locales ou certains propriétaires sont obsédés par l'idée d'économie dans l'établissement des plans et la construction de l'installation et négligent les autres considérations. Le devoir de l'ingénieur est d'expliquer clairement que les constructions économiques deviennent souvent les plus coûteuses par la suite, si on ne se préoccupe en premier lieu de l'efficacité. L'idéal pour l'ingénieur est d'avoir toute liberté pour élaborer son projet, avec la seule condition que l'épuration sera obtenue au degré voulu. L'auteur n'admet pas les concours, ni les estimations préliminaires qui ne sont pas basées sur des prix importants et ne tiennent pas compte des prévisions.

Il faut, pour établir un projet, connaître la nature des eaux à traiter, si elles contiennent ou non des eaux résiduaires industrielles, et le degré d'épuration qui doit être obtenu. Il ne peut être question de plans omnibus qui seraient applicables partout.

Plaidoyer pour l'adoption de termes définis pour les opérations d'épuration des eaux d'égout.

D'après Bolton [2].

L'auteur fait observer que, dans les nombreux travaux parus sur l'épuration des eaux d'égout, on remarque l'emploi de termes très différents pour les diverses opérations. Les résultats sont exprimés en grains par gallon, en parts pour 100 000 ou pour 1 million, les témoins de pureté sont choisis d'après

[1] *San. Rec.*, 10 mars 1910, p. 222.
[2] *San. Rec.*, 3 mars 1910, p. 191.

l'oxygène absorbé, l'azote albuminoïde, le rapport de l'azote oxydé et non oxydé, l'oxygène dissous, l'épreuve d'incubation, les nitrates, l'épreuve bactériologique ou celle du poisson. Il est par suite impossible de comparer les diverses méthodes d'épuration entre elles.

Dans certains cas on donne le volume d'eau traitée par yard carré ou par acre de lit bactérien. Cette indication n'a de valeur que si on en donne en même temps la profondeur, et il serait désirable que les volumes soient rapportés au yard cubique.

Les ingénieurs ont adopté des mesures types pour les machines et leurs pièces : il serait utile qu'il en soit de même dans les dispositifs d'épuration.

Le prix du traitement est souvent calculé d'une façon défectueuse par rapport au volume de l'eau d'égout, celle-ci étant de composition toute différente suivant les villes et dans une même ville suivant les années.

L'auteur pense qu'on doit adopter des méthodes types d'analyses et une manière uniforme d'exprimer les résultats, par exemple en parts pour 100 000 (on passe aux grains par gallon ou aux parts pour 100 000 en multipliant par 0,7 ou inversement en divisant par 0,7). Les volumes d'eau traitée sur les lits bactériens seront exprimés en gallons par yard cubique de matériaux. Cette même unité sera avantageusement employée pour la description des constructions.

Il estime que le coût du traitement doit être calculé par habitant [1].

Méthodes d'épuration des eaux d'égout.

5e rapport de la Commission royale anglaise. — Appendice IV (1910).

Les conclusions générales du 5e rapport de la Commission royale anglaise ont été analysées dans un précédent volume [2]. Nous pensons cependant qu'il est utile de revenir sur certaines

(1) Il est à souhaiter que les propositions de M. Bolton soient acceptées: cela faciliterait surtout aux étrangers la lecture des publications anglaises.

(2) Ces Recherches, 4e vol. p. 150.

études qui viennent de paraître in-extenso dans le 4e appendice.

Stérilisation des eaux d'égout épurées. — Le Dr *Houston* appelle l'attention sur les expériences qu'il a entreprises sur ce sujet, et dans ses conclusions figurent les prix de revient des opérations. Pour stériliser les eaux d'égout épurées on peut employer 4 méthodes :

La *chaleur* permet d'obtenir la stérilisation, soit partielle à 65° (suffisante pour détruire le B. coli), soit complète à 100°. Ce procédé est utilisé pour les eaux potables et on sait qu'on récupère une partie de la chaleur par l'eau qui sert à refroidir l'eau stérilisée. Le coût de cette opération est assez difficile à évaluer, il peut être de 5 fr. 50 à 55 francs par mille mètres cubes, ce dernier étant plus près de la vérité.

La stérilisation par l'*ozone* peut être parfaite, mais elle est très coûteuse même dans les conditions les plus favorables. Pour que le prix soit le plus réduit il est nécessaire que l'effluent soit parfaitement épuré et exempt de matières en suspension ; il variera de 5 fr. 50 à 55 francs pour mille mètres cubes, probablement de 12 à 22 fr. 50.

La *filtration par le sable* permet, comme on sait, seulement l'élimination d'une partie des microbes de l'eau. Les essais de Dorking et de Leeds ont montré qu'il restait dans l'effluent des filtres un nombre de germes trop grand pour donner une sécurité suffisante.

Parmi les *composés chlorés*, l'auteur a choisi l'*hypochlorite de soude* (Chloros). Les résultats de ses expériences sont les suivants :

1° La quantité de chlore nécessaire pour stériliser une eau d'égout épurée dépend de sa composition et de la durée de l'action ; la lumière et la température ont aussi une influence ;

2° Pour un effluent non putrescible (oxygène emprunté au permanganate en 4 heures et azote albuminoïde moindres que 11 milligrammes par litre) et contenant moins de 30 milligrammes de matières en suspension par litre, avec une durée de contact de dix heures, la quantité de chloros (produit contenant 18 0/0 de chlore actif) nécessaire pour détruire le B. coli

(dans 1 cc. d'effluent) varie de 1 à 10 pour 100.000, mais souvent 2 à 4 pour 100.000 suffiront.

Au prix de 0 fr.275 le litre de réactif, l'opération revient de 2 fr. 75 à 27 fr. 50 pour mille mètres cubes, probablement de 5 fr. 50 à 11 francs et dans les conditions les plus favorables il n'excédera pas 5 fr. 50 pour 1000 mètres cubes ;

3° Si la durée de contact est réduite à 1 heure, il est probable que la dose devra être de 1 pour 10.000 entraînant une dépense de 27 fr. 50 par 1000 mètres cubes;

4° Si la durée de contact n'est que de 6 minutes la dose approximative sera probablement de 1 pour 2.500 avec un prix de 110 francs par mille mètres cubes ;

5° Une dépense d'environ 5 fr. 50 par mille mètres cubes n'est pas excessive ; lorsque les conditions l'exigent on peut quelquefois la porter de 5 fr. 50 à 55 francs, mais lorsqu'elle dépasse cette somme, le traitement ne peut pas être recommandé ;

6° La stérilisation d'un effluent bien clarifié et bien oxydé est une mesure réalisable pratiquement lorsque les circonstances l'exigent. Les bassins devront permettre 1 heure au moins et de préférence 10 heures de contact de l'eau avec le réactif.

Lorsque la dose de chlore employée ne dépasse pas celle nécessitée pour la stérilisation, et lorsque la durée de contact est suffisamment prolongée pour détruire l'excès de réactif, il n'y a pas de danger pour la vie des poissons.

Expériences de Eric H. Richards à Dorking. — La comparaison des 3 méthodes de traitement préliminaire d'eau d'égout a donné les résultats suivants :

La réduction des matières en suspension des eaux d'égout était pratiquement la même par la décantation avec écoulement continu qu'avec la fosse septique. Pendant les temps chauds d'été, l'effluent de la fosse septique contenait beaucoup plus de matières en suspension que l'eau d'égout décantée, mais, durant le reste de l'année, il en contenait plutôt moins.

La précipitation avec écoulement continu donna un liquide qui renfermait les 2/3 des matières en suspension des autres

effluents; il pouvait en être traité sur lits bactériens environ un volume double de celui de ces derniers.

Les poids de boues produites par ces 3 procédés sont dans le rapport suivant :

	Décantation.	Précipitation.	Fosse septique.
Humides.	3	3	1
Sèches.	2	2,5	1

Emploi des boues d'eaux d'égout comme engrais. — Les résultats de deux années d'expériences ont permis à M. J. A. Voelcker de tirer les conclusions suivantes :

1° Pour les cultures de blé, en employant les boues en quantités correspondantes à 45 kilogrammes d'azote à l'hectare, on obtient un accroissement de poids de grain et de paille de 10 à 12 % sur les récoltes obtenues dans les terres non additionnées d'engrais ;

2° Pour la première récolte, cet accroissement serait inférieur de 5 à 6 % à celui qu'on obtient par l'emploi des engrais artificiels employés en quantités correspondantes aux éléments fertilisants des boues ;

3° Après une première récolte de blé, les boues, comme les engrais artificiels équivalents, ne laissent pratiquement aucun élément fertilisant pour une seconde récolte de blé;

4° Parmi les différentes boues expérimentées, celles qui produisent le plus grand avantage pour une récolte de blé, et qui manifestent encore leur effet pour une seconde récolte de blé sont celles qui sont le plus humides et qui contiennent beaucoup de chaux;

5° La matière organique azotée ne permet pas de déterminer la valeur d'une boue, car elle est inerte et doit être décomposée sous l'action de la chaux.

6° La valeur des boues expérimentées n'est pas supérieure à 12 fr. 50 la tonne livrée à la ferme même, si l'on tient compte de la seconde récolte obtenue après une seule application.

BELFAST[1]. — Des études ont été entreprises à Belfast sur les lits d'ardoise de Dibdin, dont nous avons déjà parlé

[1] D'après *Surveyor*, 1909, vol. XXXV, p. 587 et 623 et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 3, p. 139.

dans nos précédents volumes[1], pour se rendre compte de l'efficacité de ces lits pour la séparation des matières en suspension dans l'eau d'égout et de la diminution du colmatage des lits bactériens après le traitement sur ces lits d'ardoise. Les essais ont été faits à la station d'épuration de Devizes, qui reçoit en moyenne 900 mètres cubes d'eaux d'égout concentrées, dont 66 à 70 pour 100 proviennent de brasseries, d'abattoirs, etc. L'installation comprend des lits bactériens discontinus à double contact. Les lits de premier contact sont constitués par des lits d'ardoise formés de plaques d'ardoise disposées à 5 centimètres d'écartement vertical et séparées par des fragments d'ardoise. La plaque d'ardoise la plus basse est à 15 centimètres du fond du lit : la profondeur totale des lits est de $1^{m},20$, leur volume de 220 et 400 mètres cubes. Les lits de 2e contact sont formés de coke fin et ont les mêmes dimensions que les précédents.

L'eau arrive sur les lits d'ardoise sans avoir subi aucun traitement préalable. Si l'eau est concentrée, elle reste au repos pendant deux heures dans les lits de premier contact; si elle est diluée, une heure de repos suffit. Les lits sont remplis sur une hauteur de 90 centimètres et leur remplissage exige encore trois heures pendant le jour et six heures pendant la nuit. Au début de la vidange, on voit s'écouler une certaine quantité de boues noires diluées; au bout de dix minutes, l'effluent est plus clair; cependant si la vidange se fait trop rapidement le liquide reste trouble. Cette opération demande environ trois heures et demie, et quand le lit est presque vide, il faut avoir soin de fermer avant que la boue déposée au fond du lit ne soit entraînée. En surveillant la vidange avec soin, on arrive à séparer à peu près complètement l'eau claire de la boue.

L'examen d'échantillons prélevés avant et après passage sur les lits d'ardoise a montré que ce traitement retient 66 pour 100 des matières en suspension dans l'eau brute, soit à peu près le même chiffre que le traitement en fosse septique ou en bassins de décantation. On a pu calculer que sur 96,8 tonnes de matières sèches en suspension qui entrent

[1] Vol. III, p. 85 et vol. IV, p. 102.

annuellement dans le lit, on retrouve environ 41 tonnes : 55,8 tonnes ont donc disparu par traitement sur les lits d'ardoise. On recueille environ, dans une année, 981 mètres cubes de boues liquides qui donnent 82 tonnes de boues séchées à l'air, sans odeur nauséabonde. Ces boues renferment 1,5 pour 100 d'azote, ce qui correspond à 5,5 pour 100 de la matière sèche.

Ces expériences ont montré en outre que l'emploi des lits d'ardoise de Dibdin ne donne lieu à aucune mauvaise odeur. Les boues obtenues renferment beaucoup d'êtres vivants, de bactéries, de vers, etc. ; elles ressemblent à de l'humus et ne dégagent aucune odeur.

ILFORD [1]. — L'installation d'épuration d'Ilford doit traiter environ 10 000 mètres cubes d'eau par jour, provenant de 80 000 habitants. Ces eaux sont entièrement ménagères. Elles passent d'abord à travers une grille mobile qui enlève les gros corps flottants, puis à travers deux grilles fixes (écartement des barreaux : 12 à 18 millimètres) et deux fosses à sable de 10 mètres $\times$ 4 mètres $\times$ 1 mètre. Le nettoyage de ces fosses se fait chaque semaine au moyen d'un éjecteur Shone.

L'eau passe alors dans 5 fosses septiques couvertes, d'une contenance totale de 11 000 mètres cubes : la vidange de l'eau s'y fait par flotteurs, l'évacuation des boues par des éjecteurs Shone. Les boues sont envoyées sur des lits de drainage.

L'effluent des fosses septiques se rend aux lits bactériens, au nombre de 10; chacun de ces lits a une superficie de 1000 mètres carrés et une profondeur de $1^{m},50$. Ils sont constitués par 3/4 de scories et un quart de coke. La répartition de l'eau s'y fait au moyen d'un système de gouttières recouvertes sur 10 centimètres de hauteur par les matériaux du lit. Le travail est réglé de telle sorte que chaque lit fonctionne neuf semaines et reste une semaine au repos : il y a donc toujours un lit qui ne travaille pas. Chaque lit est rempli deux fois par jour.

L'installation comprend en outre 5 lits bactériens d'orage :

[1] D'après Shaw (*Surveyor*, 1909, vol. XXXV, p. 557) et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 3, p. 141.

chaque lit a une superficie de 3200 mètres carrés et une profondeur de 0m,90.

KINGSTON ON THAMES [1]. — Il est des cas où les méthodes biologiques ne sont pas applicables, par exemple lorsque l'eau d'égout contient des proportions considérables d'eaux résiduaires industrielles ou lorsque la station d'épuration doit être établie à proximité des habitations.

A Kingston, les 9000 mètres cubes d'eau d'égout journaliers doivent être désodorisés, épurés et déversés dans la Tamise, dans un espace restreint entouré par un parc et des habitations. Aussi a-t-on adopté un procédé chimico-bactérien. On traite d'abord les eaux par un mélange d'argile, de charbon de bois et d'alumino-ferrique. Le liquide clarifié par décantation continue est alors épuré sur les lits bactériens de simple contact et sur filtres percolateurs.

Les boues de précipitation sont passées au filtre-presse et vendues comme engrais au prix de 2 fr. 50 la tonne prise à l'usine. La vente est garantie par un contrat de 5 années.

Le coût du traitement peut être comparé à celui de l'épuration par fosses septiques et lits bactériens.

LEEDS [2]. — La plus grande partie des eaux résiduaires de Leeds (410000 habitants) est épurée dans l'installation de Knostrop où on a disposé de nouvelles pompes, de nouvelles presses à boues, des râteaux, des grues électriques et de nouveaux bassins pour la précipitation chimique. L'installation d'essais d'épuration biologique a été abandonnée [3].

L'eau d'égout est envoyée dans les bassins de précipitation où on l'additionne de 8 : 100000 de lait de chaux. La boue précipitée, qui renferme 90 0/0 d'eau, est mélangée de 1 0/0 de chaux sèche et pressée à la presse. On obtient ainsi des gâteaux à 58 0/0 d'eau. L'effluent des bassins de précipitation s'écoule directement à la rivière. La boue est livrée par chemins de fer, canaux et voitures aux agriculteurs. Comme la

(1) *San. Rec.*, 13 mai 1909, p. 439.

(2) D'après Hart, Geo, Oldroyd, City of Leeds, Sewage disposal. *Annual report for the year ending*, 31 March 1909, et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 2, p. 68.

(3) Voir notre volume II, p. 108.

demande en est assez irrégulière et dépend de l'époque de l'année, on a fait un contrat avec une maison de commerce qui doit enlever toutes les boues qui restent et les enterrer en un lieu approprié. Aux environs de Leeds, la ville fait visiter les agriculteurs par des agents qui leur donnent des renseignements sur l'utilisation des boues comme engrais.

Le personnel de l'installation comprend un directeur, deux chimistes, un secrétaire et soixante-deux ouvriers. On traite chaque jour en moyenne 70 000 mètres cubes d'eau. Les quantités de boues obtenues sont les suivantes : dans les fosses à sables, 6, 7 tonnes par jour, soit 95 kilogrammes par 1000 mètres cubes d'eau; dans les râteaux, 4,25 tonnes par jour, soit 61 kilogrammes par 1000 mètres cubes d'eau; dans les bassins de précipitation, 360 tonnes de boues fraîches par jour, soit 90 tonnes de boues pressées. Dans l'année, les bassins de précipitation livrent 21 500 tonnes de boues pressées, dont les deux tiers vont à l'agriculture : le reste est enterré. La quantité de chaux employée pour la précipitation et le pressurage, en huit mois d'exploitation, a atteint 1652 tonnes.

L'installation de Rodley épure les eaux de quelques faubourgs de Leeds, environ 17 000 habitants. Elle comprend la fosse à sable, une fosse septique ouverte, et deux lits bactériens percolateurs de 23 mètres sur 36 mètres. L'eau épurée est ensuite traitée par l'épandage. On épure ainsi par jour environ 1800 mètres cubes; l'installation occupe sept ouvriers.

Une nouvelle installation d'épuration est projetée pour la ville de Leeds qui a fait l'acquisition dans ce but d'un terrain de 240 hectares; un emprunt de 30 millions doit assurer l'exécution de ce projet.

LEIGH [1]. — Les canalisations de la ville de Leigh (47 000 habitants) sont établies d'après le système unitaire : les eaux d'égout se rendent au champ d'épuration en grande partie par gravitation; elles y sont additionnées de lait de chaux et d'alun de fer dans 8 bassins de précipitation de

[1] D'après 37[th]. Annual Report of the Local Government Board. Supplément *Report of the Medical Officer*, London, 1909, et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 5, p. 221.

36 m. × 12 m. × 1 m. 80, renfermant environ 6800 mètres cubes. Les boues précipitées sont enlevées chaque semaine, pressées et vendues aux agriculteurs. L'eau ainsi partiellement épurée est alors soumise à l'épandage sur 45 hectares de terres en grande partie incultes, en petite partie cultivées. Trois lits supplémentaires de 12 hectares servent de lits d'orage. L'eau s'écoule alors à la rivière, parfaitement épurée.

LEICESTER (¹). — Peu de villes possèdent une installation aussi importante que celle de Leicester. Elle couvre une surface de 692 hectares dont 534 en location. La surface utilisable pour l'irrigation de l'eau d'égout est 498 hectares dont 88 de terre labourable, 129 de rye grass et le reste en prairies anciennes. Le volume d'eau d'égout journalier est de 40320 mètres cubes, volume égal environ à 25 millimètres de pluie en 24 heures. Pendant les fortes pluies le volume peut être porté à 90 000 mètres par jour. L'eau est relevée par des pompes en trois stations à 51 et 54 mètres.

Il y a maintenant 4 hectares 8584 mètres carrés de lits bactériens de 1er contact.

L'eau est d'abord reçue dans 7 bassins de sédimentation d'une capacité totale de 8172 mètres cubes. Dans ces bassins et par son passage à travers les lits bactériens on obtient au moins 50 0/0 d'épuration, qui est achevée par irrigation terrienne. Les lits ont été construits de différents matériaux pour éviter la désagrégation, soit 80 000 tonnes de scories, de granit cassé, etc. La capacité totale pour l'eau des lits est de 2500 mètres cubes, et, bien qu'ils aient été remplis de 1500 à 2000 fois, ils ne présentent pas de colmatage.

Les boues sont pompées des bassins et déversées sur la terre arable. Le colmatage produit par l'irrigation de l'eau d'égout brute sur le sol est évité, et les effluents sont maintenant très satisfaisants.

Le pourcentage d'épuration est de 99 0/0 pour les matières en suspension et environ 94 0/0 pour l'oxygène absorbé. Le coût de l'installation a été de 10 632 175 francs et les frais de fonctionnement annuels sont de 0 fr. 55 par habitant.

(¹) *Sanit. Rec.*, 7 juillet 1910, p. 7.

Pendant l'hiver, 80 hommes sont employés et pendant la moisson leur nombre est porté à 140. Aux trois stations de pompage et aux lits bactériens 56 hommes sont employés toute l'année. On nourrit de 1000 à 1200 bœufs en été et 650 à 700 en hiver; on en vend environ 800 par an. Les cultures sont : fèves, blé, avoine et racines.

MALVERN [1]. — L'épuration des eaux résiduaires de Malvern s'effectue, pour une faible partie, par décantation suivie d'épandage, et pour la plus grande partie, par fosse septique et lits bactériens continus. Cette dernière installation doit traiter 2 700 mètres cubes par jour et elle comprend deux fosses septiques en béton armé de 2200 mètres cubes, deux lits bactériens circulaires de 30 et 40 mètres de diamètre et d'autres lits bactériens rectangulaires de 67 m × 30 m., sur lesquels la répartition de l'eau se fait par becs pulvérisateurs. L'effluent est traité soit sur les lits circulaires, soit sur les lits rectangulaires, mais ces derniers n'ont jamais donné d'aussi bons résultats que les lits circulaires, probablement par suite d'une répartition moins parfaite de l'effluent.

MANCHESTER. — Le dernier rapport du *Rivers Committee* donne le résultat des opérations d'épuration aux quatre stations pour l'année finissant le 30 mars 1910. La description de ces stations ayant été donnée dans les volumes précédents, nous indiquerons seulement ici les modifications et les études auxquelles elles ont donné lieu.

WITHINGTON [2]. — Le coût total du traitement a été abaissé cette année à 8 fr. 97 au lieu de 12 fr. 35 par 1000 mètres cubes l'an dernier.

Le volume moyen d'eau d'égout traité par jour a été de 21 570 mètres cubes, soit 230 litres minimum à 510 litres maximum par habitant, en augmentation sur les chiffres de l'année précédente.

La quantité des boues déposées dans les bassins de décan-

(1) D'après *Surveyor*, 1909, p. 679, 685 et 688 et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 2, p. 81.

(2) Voir ces Recherches, vol. III, p. 222 et vol. V, p. 126.

tation a été de près de 12 000 tonnes, soit 1 kilog. 420 par mètre cube d'eau d'égout.

Les résultats d'épuration obtenus pendant l'année 1909-1910 sont donnés dans le tableau I.

Tableau I. — **Withington.**

	Eau brute	Effluent des bassins de décantation	Lits bactériens		Eaux d'orage		Effluent moyen
			1er contact	2e contact	Effluent des bassins de décantation	Lit	
Oxygène absorbé en 4 heures	47,7	34,5	14,2	8,4	23,9	10,9	8,9
Oxygène absorbé en 3 minutes :							
Avant incubation	»	»	6,0	3,7	»	4,7	4,0
Après incubation	»	»	13,1	3,3	»	8,5	»
Ammoniaque	26,8	26,1	13,1	8,1	21,6	14,2	9,7
Azote albuminoïde	7,5	5,4	2,2	1,35	4,2	1,8	1,4
Nitrites en ammoniaque	»	»	0,2	0,14	»	0,2	0,14
Nitrates	»	»	4,8	9,2	»	2,7	7,2
Putrescibilité	»	»	26½/38	½/39	»	17½/39	»
Volume traité par m² de surface par jour en litres	»	»	652			663	

Le volume actuellement traité par double contact est la moitié de celui indiqué, soit 326 litres par m² et par jour. Les lits ont environ 1 mètre de profondeur.

Épuration effectuée 0/0.

Oxygène absorbé en 4 heures	par rapport	à l'eau brute	81,3
—	» —	à l'effluent des bassins	74,1
Azote albuminoïde	» —	à l'eau brute	81,1
—	» —	à l'effluent des bassins	73,7

Bien que la composition des effluents fût satisfaisante, on a remarqué le développement quelquefois considérable d'organismes inférieurs qui ont été étudiés au laboratoire.

Les plus fréquemment rencontrés sont des infusoires, le *Carchesium Lachmanni* voisin des vorticelles, et des bactéries les plus grandes, le *Leptomitus lacteus*.

Le Carchesium abonde principalement pendant la saison

chaude et le Leptomitus pendant les mois froids. L'aspect et le mode de reproduction du Carchesium sont montrés dans la figure 25. Le temps pour obtenir le dédoublement d'un individu (I à V) est seulement de 1 heure 1/2 environ. La deuxième partie de la figure (VI à X) montre le développement du pédoncule lorsqu'un individu passe de la forme libre à la forme fixée.

Le Leptomitus est un organisme beaucoup plus inférieur;

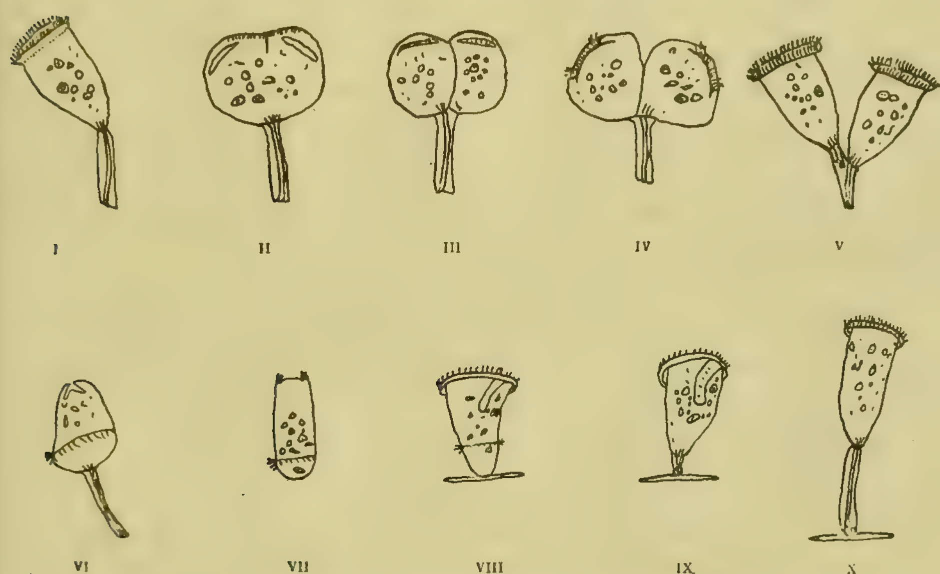


Fig. 25. — Reproduction du Carchesium Lachmanni.

il se présente en longs filaments à contractions caractéristiques et a été trouvé en masses dans l'eau d'égout brute.

Les recherches de laboratoire ont établi que le Carchesium, bien qu'il ne puisse vivre dans les eaux très impures, exige cependant pour son développement une certaine quantité de matières organiques. Il est probable qu'il ne peut pas proliférer dans un effluent parfaitement oxydé, mais un effluent assez épuré pour ne plus être putrescible permet sa culture.

On a fait aussi des observations intéressantes de développements spontanés d'organismes dans des échantillons d'eaux d'égout prélevés dans des flacons stériles et à l'abri de l'infection par l'air; on a même remarqué quelques vers qu'on trouve aussi dans les lits bactériens.

Moss-side (¹). — Cette station sera supprimée par la suite, car on étudie le remaniement des égouts pour conduire les eaux à Davyhulme.

Les dépenses pour l'année 1909-1910, diminuées des recettes (vente des récoltes 4381 fr. 25), se sont élevées à 38677 fr. 30.

Gorton. — Depuis 1909 le district urbain de Gorton a été réuni à la ville de Manchester.

La méthode d'épuration consiste dans la précipitation chimique par l'aluminoferric, suivie du traitement d'une partie de l'eau clarifiée sur des lits bactériens. Le reste est additionné de chlorure de chaux avant d'être rejeté au ruisseau. Les boues sont pressées après mélange avec la chaux ; on en produit environ 60 tonnes par semaine, qu'on ne peut vendre dans les environs.

Davyhulme (²). — Le volume moyen d'eau d'égout a été de 166 574 mètres cubes par jour, soit 222 litres minimum à 340 litres maximum par habitant. Sur ce volume 93,8 0/0 ont été traités, le reste est l'excédent lorsque le débit est porté à plus de 5 fois le débit de temps sec.

L'extension continuelle du « tout-à-l'égout » change progressivement la composition de l'eau, surtout par augmentation de la proportion des corps azotés.

Les résultats d'épuration sont montrés par les analyses résumées dans les tableaux II, III, IV et V.

Les dépenses totales pour l'année 1909-1910 se sont élevées à 306 000 francs, soit 5 fr. 06 par 1000 mètres cubes, sur lesquelles 241 330 francs ont été employés pour renouvellement des lits bactériens, ce qui réduit le coût du traitement à 1 fr. 06 par 1000 mètres cubes.

Les lits d'orage ont reçu pendant l'année en moyenne par jour 52 432 mètres cubes d'eau après décantation dans des bassins où elle a abandonné environ 36 0/0 de la quantité totale des boues produites dans l'installation.

Les fosses septiques ont reçu en moyenne 124 000 mètres

(¹) Voir ces Recherches, vol. V, p. 127.
(²) Voir ces Recherches, vol. II, p. 114; vol. V, p. 123.

cubes d'eau par jour. On en a extrait 122 350 tonnes de boues

TABLEAU II. — **Lits de premier contact.**

	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	EFFLUENT DES LITS		ÉPURATION 0/0.	
			MINIMUM	MAXIMUM	EFFLUENT DES FOSSES	EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures.	96,4	69,3	20,0	38,8	45 à 71	60 à 79
Oxygène absorbé en 3 minutes :						
avant incubation . . .	»	»	10,8	21,6	»	»
après incubation . . .	»	»	10,4	28,3	»	»
Ammoniaque.	35,8	38,9	27,2	32,1		
Azote albuminoïde	10,4	6,0	2,0	3,8	34 à 67	64 à 81
Nitrites en ammoniaque.	»	»	0,21	0,14	»	»
Nitrates »	»	»	1,7	1,3	»	»
Putrescibilité.	»	»	37½/143	126/152	»	»

Volume d'eau traité par jour et par m² de surface en litres.	513	672
Volume d'eau traité par jour et par m² de scories en litres.	504	644

soit 2 kilog. 75 par mètre cube. Cette augmentation sur les

TABLEAU III. — **Lits de deuxième contact.**

	1er CONTACT	2e CONTACT	ÉPURATION 0/0	
			1er CONTACT	EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures.	38,5	12,1	69	87
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation.	21,6	5,8	»	»
après incubation	29,9	4,8	»	»
Ammoniaque	34,4	12,5	»	»
Azote albuminoïde.	4,0	1,4	64	86
Nitrites en ammoniaque.	0,	0,14	»	»
Nitrates.	0,7	13,3	»	»
Putrescibilité	107½ / 120	1/120	»	»

Volume d'eau traité par jour et par m² de surface	616 litres.
— m³ de scories.	661 litres.

années précédentes provient de fermentations peu actives par

Tableau IV. — **Lit secondaire à percolation.**

	Lit de 1er contact	Lit à percolation	Épuration 0/0 — 1er contact	Épuration 0/0 — Eau brute
Oxygène absorbé en 4 heures	34,2	13,5	61	86
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation	19,5	6,7	»	»
après incubation	25,7	5,5	»	»
Ammoniaque	30,4	18,0	»	»
Azote albuminoïde	3,4	1,4	58	86
Nitrites en ammoniaque	tr.	0,4	»	»
Nitrates —	0,7	10,1	»	»
Putrescibilité	75½/87	1/87	»	»

Volume d'eau traité par jour et par m² de surface. . 394 litres.
— — et par m² de matériaux. 319 litres.

suite d'un été humide et comparativement froid. Par contre

Tableau V. — **Lits d'orage.**

	Eau brute	Effluent des bassins	Effluent des lits	Épuration 0/0 — Effluent des bassins	Épuration 0/0 — Eau brute
Oxygène absorbé en 4 heures	96,4	66,3	33,7	49	65
Oxygène absorbé en 3 minutes :					
avant incubation	»	»	18,6	»	»
après incubation	»	»	20,0	»	»
Ammoniaque	35,8	32,1	24,7	»	»
Azote albuminoïde	10,4	5,0	3,0	42	71
Nitrites en ammoniaque	»	»	0,2	»	»
Nitrates —	»	»	3,3	»	»
Putrescibilité	»	»	81/150	»	»

Volume d'eau traité par m² et par jour. . . . . 385 litres.
— par m³ de scories. . . . . 464 litres.

il en est résulté une diminution considérable dans la quantité

de matières en suspension contenues dans l'effluent des fosses septiques, d'où une diminution de travail pour entretenir la surface des lits de premier contact.

Le volume d'eau moyen traité sur les lits de premier contact a été de 650 litres par mètre cube de matériaux et par jour. Les lits de deuxième contact ont fonctionné comme précédemment.

Par suite d'arrêts de fonctionnement le lit bactérien percolateur a reçu seulement environ 150 litres par mètre cube de matériaux pendant le 2e semestre. On a remarqué qu'il est préférable de ne pas mettre à la surface des lits des matériaux trop fins, on a remplacé ceux qui mesuraient 3 à 6 millim. par d'autres de 4 à 10 millimètres.

MELTON MOWBRAY (1). — L'accroissement de la population et l'installation de nouvelles industries ont amené la municipalité de Melton Mowbray à construire une nouvelle installation pour l'épuration des eaux d'égout, et à contracter pour cela un emprunt de 500.000 francs.

Les eaux sont pompées dans quatre fosses septiques circulaires à fond conique élevées de 3m,60 au-dessus du niveau du sol, leur profondeur totale est de 8m,70. L'effluent de ces fosses est distribué sur une première série de lits percolateurs au moyen d'appareils mobiles automatiques. Le liquide passe alors dans des petits bassins pour permettre la décantation des matières en suspension entraînées, puis est distribué sur six lits percolateurs circulaires au moyen d'appareils rotatifs.

Les premiers lits ont 94m,50 de long sur 3m,10 de profondeur, ils sont construits de scories ferrugineuses de grosses dimensions. Les lits circulaires ont chacun 24m,45 de diamètre, les matériaux qui les composent sont plus fins.

Entre le point d'écoulement des lits secondaires et la rivière, on trouve des terrains qui pourront recevoir les effluents si cela est nécessaire.

NORWICH (2). — On sait que, pour diminuer le travail d'oxydation des lits bactériens, il est bon d'éliminer rapide-

(1) *Sanit. Rec.*, 14 juillet 1910, p. 26.
(2) D'après Collins (*Surveyor*, 1909, vol. XXXV, p. 650 et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 2, p. 70).

ment la plus grande partie des matières colloïdales, et c'est dans ce but, que O. Travis a imaginé la fosse septique spéciale appelée « Hydrolytic Tank » et déjà décrite dans un de nos précédents volumes ([1]). Ce système réalise : 1° une séparation rapide des matières en suspension et colloïdales, de sorte que l'eau d'égout ne séjourne pas au contact de ces matières et ne se charge pas de gaz et de produits de putréfaction ; 2° une augmentation de la précipitation des fines matières en suspension grâce aux actions attractives de surface qui sont produites par les parois de la fosse et les cadres de bois qu'on y place ; 3° une évacuation des boues déposées et de la croûte superficielle qui surnage, sans qu'il y ait diminution du volume du bassin de décantation.

Une application de ce système a été faite à Norwich. L'installation de Norwich comprend quatre bassins d'une capacité totale de 13 500 mètres cubes. Chacun de ces bassins est divisé longitudinalement en trois parties qui communiquent ensemble par des ouvertures ménagées dans la paroi. Les deux parties extérieures constituent les chambres de sédimentation : les murs intérieurs de ces chambres sont perforés d'ouvertures par lesquelles les boues tombent peu à peu dans la partie centrale qui est la chambre de liquéfaction. Au milieu des deux chambres de sédimentation sont suspendus, à 25 mètres d'intervalle, des grilles en bois formant cadre, qui ont pour but d'attirer les fines matières en suspension et de provoquer une certaine coagulation des colloïdes. Les quatre cinquièmes de l'eau s'écoulent par les chambres de sédimentation ; un cinquième seulement pénètre dans la chambre de liquéfaction. Les orifices d'évacuation de l'eau sont calculés de telle sorte que celle-ci séjourne environ trois heures dans les chambres de sédimentation et douze heures dans la chambre de liquéfaction. L'effluent de cette dernière chambre renferme toujours quelques matières en suspension : on le purifie dans un bassin qui porte, comme les chambres de sédimentation, des cadres de bois formant grille pour retenir les colloïdes. L'eau y arrive par le bas et s'écoule par le haut, au moyen d'un déversoir, après quatre heures de séjour.

([1]) Tome II, p. 100.

L'espace utile de la chambre de liquéfaction est facilement déterminé par ce fait que le fond de cette chambre est constitué par un certain nombre d'entonnoirs dont la paroi est assez inclinée pour que la boue puisse s'écouler, sous la simple pression de l'eau, quand on ouvre l'orifice de décharge placé au fond. Les boues évacuées sont enterrées.

Les dépenses de construction des Tanks hydrolytiques de Norwich se sont élevées à peu près de 200 000 francs, soit 2 francs environ par habitant. Le traitement des boues est coûteux et occasionne une dépense de 10 000 à 12 000 francs par an.

SHEFFIELD [1]. — Dans les nouvelles installations d'épuration des eaux d'égout, dont une partie a été inaugurée en octobre 1909, les procédés biologiques remplacent la précipitation chimique par la chaux.

En 1886, les égouts de la ville furent complétés et l'épuration des eaux fut installée, au moyen de la précipitation par la chaux suivie de filtration au coke après aération sur des déversoirs. On estimait à cette époque le volume des eaux à 45 000 mètres cubes par jour par temps sec avec un maximum de 100 000 mètres cubes. La quantité de boues produite par semaine était de 800 à 1000 tonnes qu'on enfouissait dans la terre.

Bien qu'alors les résultats d'épuration fussent comparables à ceux obtenus dans les grandes villes d'Angleterre, sous l'impulsion des pouvoirs publics, des expériences furent tentées pour en obtenir de meilleurs. En effet la composition et le volume des eaux d'égout étaient changés par suite de l'extension du tout à l'égout et de l'augmentation de la population de la ville qui est passée de 304 720 habitants en 1886 à 470 000 actuellement.

On pensa d'abord à l'irrigation terrienne, mais on dût y renoncer aussitôt par suite de la situation de la station et de la nature du sol ainsi que de la surface limitée dont on pouvait disposer. Le reject à la mer fut aussi abandonné à cause de la dépense considérable des canalisations estimée à 24 250 000 frs.

(1) *Eng. Rec.*, 1er janvier 1910, p. 15.

Les premières expériences consistèrent dans le traitement de l'eau d'égout précipitée par la chaux sur des lits bactériens. Elles ne furent pas satisfaisantes. Le traitement de l'eau non chaulée donna de meilleurs résultats. Puis les eaux grossièrement décantées furent traitées sur lits à double contact. Bien que l'épuration ait été trouvée excellente, on reconnut qu'un traitement préliminaire était nécessaire. Pour beaucoup de raisons les fosses septiques ne donnèrent pas de résultats satisfaisants, et la simple décantation suivie de lits de contact permit d'obtenir un effluent bien épuré.

Les nouvelles installations comprennent des bassins de décantation et des lits de simple contact. Elles pourront être complétées, si cela est reconnu nécessaire, par des lits de second contact. Elles couvrent une surface de 82 hectares 4568 mètres carrés.

Le volume maximum qui peut être traité est de 293 000 mètres cubes par jour, selon les instructions du Local Government Board, lequel exige maintenant que les stations soient capables d'épurer pendant les orages, six fois le volume d'eau d'égout par temps sec. Toutes les eaux traversent les bassins de décantation et 145 400 mètres cubes seront traités sur lits de contact; le reste sur lits d'orage. Les plans ont été établis pour un débit par temps sec de 55 000 mètres cubes.

Les eaux traversent d'abord des fosses en forme d'entonnoirs ayant comme dimensions 12^{m},60, 8^{m},70 et 3^{m},90 de profondeur. Entre chaque entonnoir se trouvent des grilles, de la même largeur, nettoyées à la main avec des râteaux. Cette manière de procéder a toujours été satisfaisante et on a trouvé inutiles les appareils automatiques; on a seulement réduit les ouvertures et augmenté la longueur des barreaux. Dans chaque fosse se trouve un élévateur à godets pour enlever les détritus qui se sont déposés. Deux nouvelles fosses de mêmes dimensions seront ajoutées par la suite.

De ces fosses part un conduit sur chaque côté duquel seront répartis 17 bassins de décantation d'une capacité totale de 68 000 mètres cubes, soit une fois un quart le débit des égouts par vingt-quatre heures par temps sec. Chaque bassin mesure 78 mètres de long, 24 mètres de large et une profondeur moyenne de 2^{m},65; des tuyaux à flotteur munis de vannes per-

mettent de faire écouler l'eau décantée lors du nettoyage du bassin. Les eaux traversent lentement les bassins et en sortent par déversoirs.

Les anciennes fosses à boues mesurant environ 7m,50 × 7m,50 et 4m,55 de profondeur ont été approfondies à 6 mètres par un puits de 6 mètres de diamètre en haut et 4m,50 en bas. La boue est mise à sécher dans des tranchées établies sur une surface de 2 hectares sur une profondeur de 30 à 45 centimètres.

Les lits de contact seront au nombre de 60 ayant chacun 2 000 mètres carrés. Ils sont formés de mâchefer criblé sur une hauteur moyenne de 1m,20, en morceaux gros au fond et fins à la surface. La distribution se fait au moyen de rigoles, formées à la surface des scories, partant d'une chambre circulaire centrale. Le drainage est obtenu par des demi-tuyaux et des canaux rectangulaires. La manœuvre des vannes se fait à la main.

On a prévu, si cela est nécessaire, l'établissement de 16 lits d'orage de 4 000 mètres carrés de superficie et de 0m,90 de hauteur, semblables aux lits de contact mais avec deux chambres de distribution. Ils pourront aussi servir éventuellement de lits de contact.

Les dépenses totales, y compris les terrains et le coût originel des anciennes installations, seront environ de 10 millions de francs.

SKEGNESS [1]. — Skegness est une station balnéaire située sur la côte Est de l'Angleterre, qui reçoit parfois en été jusqu'à 20 000 étrangers. La ville en elle-même n'a que 3500 habitants et l'épuration des eaux résiduaires s'était effectuée jusqu'ici par épandage, mais, par suite de l'affluence toujours croissante dans les mois d'été, les odeurs désagréables dégagées par les champs d'épandage ont forcé la municipalité à installer l'épuration biologique.

La plus grande partie de l'eau d'égout est envoyée à l'épuration au moyen d'une pompe débitant 114 mètres cubes à

[1] Nous avons déjà donné dans un de nos précédents volumes (vol. II, p. 124), quelques renseignements sur cette installation : nous en donnons aujourd'hui une description plus complète, d'après SCHIELE (*Wasser und Abwaser*, 1909, t. II, n° 2, p. 49).

l'heure, actionnée par un moteur à pétrole de 10 chevaux 1/2 et qui refoule les eaux dans une canalisation de 375 millimètres de diamètre. Le reste des eaux d'égout, venant d'une autre partie de la ville, est envoyé à l'épuration par une canalisation de 150 millimètres au moyen de deux éjecteurs à air comprimé de 27 mètres cubes de débit. L'air comprimé nécessaire est produit par deux compresseurs, capables de comprimer chacun 2 mètres cubes d'air à la minute.

L'installation d'épuration biologique comprend d'abord une petite fosse à sable de $2^{m},40$ de longueur, $1^{m},40$ de largeur moyenne et $2^{m},50$ de profondeur; au fond de cette fosse s'ouvre un tuyau de 225 millimètres qui sert à l'évacuation des dépôts. L'eau sort de la fosse à sable par un tuyau de 375 millimètres s'ouvrant à la surface et aboutissant dans la partie centrale d'un décanteur Dortmund de $6^{m},80$ de diamètre cylindrique à sa partie supérieure et conique à sa partie inférieure, d'une contenance de 230 mètres cubes. L'eau y arrive de haut en bas par ce tuyau qui s'ouvre à $3^{m},30$ au-dessous du niveau du liquide dans le décanteur. Elle y séjourne en moyenne une heure, puis elle s'écoule par 16 déversoirs de 75 millimètres répartis sur toute la circonférence du décanteur, ainsi que par deux tuyaux de dégagement de 150 millimètres qui s'avancent presque jusqu'au milieu du décanteur à $0^{m},40$ et $0^{m},50$ au-dessous du niveau de l'eau. Les déversoirs et les deux tuyaux s'ouvrent dans un canal de 25 centimètres de large, ménagé autour du décanteur, d'où un tuyau de 300 millimètres conduit l'eau aux lits bactériens.

Le travail réalisé à Skegness avec le décanteur Dortmund est intermédiaire entre la décantation simple et la fermentation en fosse septique. Les eaux chargées de boues sont évacuées de la partie conique de l'appareil, par la simple pression de l'eau, au moyen d'un tuyau de 150 millimètres de diamètre qui descend dans le décanteur jusqu'à $5^{m},70$ de profondeur : ces eaux sont traitées à part dans une fosse septique. La partie ainsi évacuée représente 20 0/0 de l'eau d'égout introduite; le reste, soit 80 0/0, coule directement aux lits bactériens.

La fosse septique dont les dimensions sont de 16 mètres de longueur, 6 mètres de largeur, $2^{m},40$ de profondeur moyenne

et dont la capacité est de 240 mètres cubes, ne présente rien de particulier. Le liquide séjourne environ 24 heures dans cette fosse. Au fond se trouve un tuyau d'évacuation des boues ; un autre tuyau, placé aux deux tiers de la hauteur du liquide, permet éventuellement d'en faire écouler le liquide clair décanté quand on veut procéder au nettoyage de la fosse. La vidange de la fosse septique a lieu deux fois par an : elle se fait sans dégagement d'odeurs désagréables. Les eaux qui s'écoulent après avoir traversé la fosse sont mélangées avec les eaux qui sortent du décanteur. Un distributeur automatique, système Coleman, envoie ce mélange trois fois par heure aux sprinklers des lits percolateurs. Les deux lits bactériens, formés de grosses scories, sont ronds et ont chacun 27 mètres de diamètre et 1^{m},80 de hauteur. Les tuyaux d'évacuation, qui sont tous réunis et dont le collecteur général peut être fermé, permettent une forte aération des lits bactériens. L'orifice supérieur de chaque tuyau d'évacuation porte une soupape en aluminium qui laisse bien entrer l'air, mais ne le laisse pas s'échapper. L'eau épurée peut être refoulée jusqu'à 15 centimètres de hauteur environ à travers la soupape du collecteur. Par suite du changement perpétuel du niveau de l'eau, l'air qui se trouve dans les tuyaux d'évacuation et dans la partie inférieure des lits se trouve refoulé dans les lits bactériens qui sont ainsi parfaitement aérés.

L'eau épurée est évacuée sur deux plates-bandes d'environ 0,2 hectares faisant partie des champs d'épandage abandonnés et elle se rend ensuite au canal et à la mer.

Grâce à ce mode de travail, les quatre cinquièmes de l'eau d'égout se trouvent épurés dans l'espace d'une heure et demie, le reste seul subissant le travail en fosse septique. On a pu ainsi obtenir une épuration excellente et éviter totalement les mauvaises odeurs. Le problème était d'ailleurs difficile à cause des variations considérables du volume des eaux dans la saison d'hiver et dans la saison d'été, et aussi à cause des changements qui surviennent dans la composition chimique, les eaux étant très concentrées en été, très diluées en hiver. La combinaison du décanteur et de la fosse septique a permis de surmonter très heureusement ces difficultés.

CHAPITRE VI

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE EN ALLEMAGNE

ASCHERLEBEN (¹). — L'installation comprend les dispositifs suivants :

1° Une grille, dont les barreaux sont à 30 millimètres d'écartement, une fosse à sable et une autre grille à orifices de 10 millimètres. Les dépôts de la fosse à sable sont extraits mécaniquement et placés sur un lit d'égouttage constitué par une couche de 15 centimètres de scories fines, dans laquelle on a disposé un drainage de grosses scories;

2° Cinquante-deux décanteurs Mairisch, de $4^{m},98$ de section horizontale, qui servent à la séparation des fines matières en suspension. L'eau parcourt ces décanteurs de haut en bas et y séjourne 2 heures 1/4. La boue est évacuée au moyen de l'air comprimé;

3° Un lit bactérien percolateur de $1^{m},50$ de hauteur, que l'on charge à raison de $1^{m3},12$ par mètre carré de surface ou de $0^{m3},75$ par mètre cube de matériaux. La répartition se fait par une couche filtrante, système Dunbar, de 10 à 15 centimètres d'épaisseur et formée de scories très fines. Le lit bactérien lui-même est constitué par des scories de 10 à 60 millimètres. La régénération de la couche de répartition doit se faire toutes les six ou sept semaines et son renouvellement tous les cinq ou six mois;

4° Un lit d'orage formé par un filtre à sable de $0^{m},65$ qui peut recevoir 5 mètres cubes 1/3 par mètre cube. Ce filtre travaille sous une pression de $0^{m},50$;

(¹) D'après SALOMON, *Technische Gemeinderlatt,* t. XII, p. 81-87 et 101-107 et *Wasser und Abwasser*, t. II, n° 2, p. 64.

5° Un dispositif de désinfection de l'eau épurée (addition de chlorure de chaux et filtration sur un filtre de scories ferrugineuses);

6° Un lit de 4100 mètres carrés de surface pour l'égouttage des boues avec retour des eaux d'égouttage à l'épuration.

Les frais de construction se sont élevés à 12 fr. 50 par tête; les frais d'entretien ont atteint, dans la première année, 0 fr. 275 par tête, sans amortissement.

BISKUPITZ (¹). — La station de Biskupitz traite les eaux provenant de 8000 habitants et déversées dans les égouts à raison d'environ 35 à 40 litres d'eau par tête et par jour : il faut donc compter sur 300 à 400 mètres cubes environ par 24 heures.

Les eaux arrivent d'abord dans une chambre à sable, divisée en deux pour permettre le nettoyage d'une moitié tout en laissant l'autre en fonctionnement. De même il y a deux fosses septiques de 12 × 4 mètres de surface, recouvertes d'une voûte en béton. L'eau y séjourne environ 16 heures sur une hauteur de 2 m. 20. L'eau s'écoule par un tuyau fendu radialement pour agir comme tamis, l'orifice d'écoulement étant à 0 m 60 au-dessous du niveau de l'eau. Les boues sont évacuées par des voitures citernes pneumatiques et elles sont données gratuitement aux agriculteurs, qui les prennent maintenant volontiers. On en retire 100 mètres cubes à 80 0/0 d'eau tous les 6 mois.

Les eaux de la fosse septique arrivent dans la chambre de distribution où des dispositifs automatiques, analogues à ceux qui sont employés à la station d'épuration de Wilmersdorf, près Berlin et décrits dans un de nos précédents volumes (²), les distribuent sur les filtres biologiques. Ces filtres sont octogonaux et ont un espace vide au centre, par lequel arrive le tuyau de distribution. Leur diamètre est de 9 mètres et leur hauteur de 2 m. 35; les matériaux sont des scories de la grosseur d'une tête d'enfant, sauf pour les 50 centimètres supérieurs, où la grosseur est plus faible. Le

(¹) D'après A. Schiele. *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 9, p. 375 et *Office International d'hygiène publique*, t. II, fasc. 6, p. 965.
(²) Volume II, page 167.

volume total des filtres est d'environ 600 mètres cubes, donc, même avec le maximum de 400 mètres cubes d'eau à épurer par jour, chaque mètre cube d'eau sera épuré par 1^{m^3},5 de scories.

La distribution se fait par sprinklers, à bras percés de trous tous les 5 millimètres, qui sont nettoyés tous les jours avec des poinçons. Les bras sont nettoyés intérieurement tous les mois. Ce système a toujours bien fonctionné, même par une température de — 24° C. pendant l'hiver 1907-1908.

L'effluent arrive dans deux bassins munis de canaux spéciaux permettant de mélanger un désinfectant à cet effluent en cas d'épidémie. Le volume de ces bassins (8 m. 60 × 3 m. 50 × 0 m. 60) est d'environ 36 mètres cubes, soit 1/10 du volume journalier d'eau envoyé. Ces bassins sont nettoyés à la pompe tous les six mois et on en retire 16 mètres cubes de boues à 90 0/0 d'eau, servant à fumer les prés du voisinage.

L'établissement entier n'est surveillé que par un seul homme. Les dépenses de construction se sont élevées à 44 200 francs environ, soit par habitant 5 fr. 60.

DRESDE [1]. — Le but de la nouvelle installation construite à Dresde a été de retenir toutes les matières en suspension dont les dimensions dépassent 3 millimètres avant d'envoyer les eaux d'égout dans l'Elbe. On a construit pour cela sur les deux rives du fleuve, une canalisation de 16 kilomètres de longueur et de 3 m. 40 de largeur, qui amène les eaux à la station d'épuration de Kaditz. L'eau d'égout quand elle est diluée quatre à cinq fois par les eaux de pluie, peut atteindre le débit de 10 800 litres à la seconde, et la canalisation peut se prêter à un débit de 50 0/0 plus élevé.

Les eaux abandonnent d'abord dans des fosses à sable une partie de leurs matières en suspension; elles sont ensuite débarrassées des corps flottants et des graisses par des chicanes superficielles et par des grilles et râteaux. Cette partie de l'installation est disposée de telle sorte qu'une moitié seulement des appareils fonctionne les jours où la pluie n'aug-

[1] D'après le *Dresdener Anzeiger*, 1910, n° 89, p. 5 et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 13, p. 560.

mente pas le volume des eaux. Les eaux ainsi partiellement décantées coulent alors sous un hangar de 60 mètres de long sur 11 mètres de large, sous lequel se trouvent quatre séparateurs Riensch ([1]) de 8 mètres de diamètre, qui tournent lentement et retiennent toutes les matières en suspension dont les dimensions dépassent 2 millimètres. Ces matières sont enlevées par des brosses rotatives et conduites par des élévateurs jusque dans les voitures.

L'eau ainsi clarifiée s'écoule par une canalisation jusqu'au milieu de l'Elbe. Dans le cas de forte crue, l'eau doit être rejetée dans l'Elbe par des pompes pour éviter le reflux des eaux dans les appareils. On utilise dans ce but cinq pompes centrifuges, dont l'une débite 800 litres à la seconde et les quatre autres 3000 litres.

L'installation a coûté 2 000 000 de marks, non compris l'achat du terrain (1 500 000 marks). Les canalisations ont nécessité une dépense de 6 millions de marks.

DUISBOURG ([2]). — Par suite du volume d'eau considérable du Rhin (1200 mètres cubes par seconde), on a pu se contenter à Duisbourg, d'une clarification rapide en bassin de décantation, la quantité d'eau d'égout envoyée au fleuve ne dépassant pas 200 litres par seconde. On utilise 5 bassins en béton armé, de 4 mètres de largeur sur 12 mètres de longueur, dont le fond se relève en pente de 1 : 40 de l'entrée à la sortie. On a disposé à l'entrée, sous le fond du bassin, un collecteur de boues qui en occupe toute la largeur, et qui a une longueur de 2 m. 50 et une profondeur de 1 m. 50. L'eau séjourne environ 20 à 30 minutes dans les bassins, ce qui correspond à un courant moyen de 20 à 30 millimètres à la seconde. Quand un des bassins est rempli de dépôts, on laisse écouler d'abord dans le Rhin la couche d'eau superficielle, d'environ 40 centimètres; puis on prélève encore 40 centimètres de hauteur d'eau qu'on renvoie par des pompes à la clarification, et les boues liquides qui restent au fond du bassin sont reprises par des pompes et envoyées sur

([1]) Voir notre volume III, p. 147 et 148.
([2]) D'après un rapport du Dr Bahr à l'assemblée générale de la Deutsche Ver. f. Volkshygiène 1909 et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 5, p. 218.

des lits d'égouttage. La boue sèche doit être enterrée : la ville dispose dans ce but d'un terrain de 10 hectares.

L'eau est envoyée aux bassins de clarification au moyen de 4 pompes centrifuges mues électriquement. Quand les eaux du Rhin sont très hautes, la communication avec les bassins de décantation est fermée pour éviter le reflux des eaux dans ces bassins, et les eaux d'égout sont envoyées directement dans le Rhin, sans passer par les bassins de décantation, au moyen d'une grosse pompe centrifuge qui débite 1200 litres à la seconde.

L'installation a coûté 500 000 francs, y compris l'achat du terrain et la station de pompes.

MARIENBAD [1]. — Les essais ont d'abord été entrepris à Marienbad pour déterminer les conditions dans lesquelles pourrait s'effectuer l'épuration biologique des eaux de la ville. On a expérimenté des lits bactériens construits avec divers matériaux et on a choisi finalement les scories. L'épuration n'a jamais été aussi complète qu'on l'aurait voulu, à cause de la présence, dans les eaux d'égout, d'eaux marécageuses, riches en matières organiques difficilement putrescibles.

L'installation faite à la suite de ces essais comprend une fosse à sable, 2 fosses septiques et des lits bactériens à double contact. Les deux fosses septiques contiennent ensemble 11 000 mètres cubes. Quant aux lits bactériens, ils comprennent : pour le premier contact, 15 lits de 445 mètres carrés de surface et de 580 mètres cubes de matériaux, soit en tout 6670 mètres carrés de superficie ; pour le second contact, 12 lits de 5340 mètres carrés de surface totale. La quantité totale de scories employées s'élève à 15 960 mètres cubes, ce qui correspond à trois fois la quantité normale et à 1 fois et demie la quantité maxima d'eau d'égout à traiter par jour. La répartition de l'eau qui sort des fosses septiques pour se rendre sur les lits bactériens se fait au moyen de gouttières de bois. L'eau épurée s'écoule directement à la rivière.

[1] D'après ZORKENDORFER et RUPPERT, *Prager. Mediz. Wochensch.*, 33e année, 1908, p. 792-795 et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 5, p. 239.

CHAPITRE VII

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE AUX ÉTATS-UNIS

« Sewage disposal » (Épuration des eaux d'égout).

D'après L. P. Kinnicutt, C. E. A. Winslow et R. Winthrop Pratt[1].

Les auteurs déclarent que le *water carriage* (tout à l'égout) est la méthode idéale, car on éloigne ainsi rapidement et complètement les excreta et toutes les eaux usées de l'habitation, ce qui prévient toute contamination du sol et des eaux, et assèche le sol et sous-sol.

Cet ouvrage d'ordre général contient cependant l'exposé de certaines questions assez particulières aux États-Unis ainsi que de quelques expériences qui y ont été faites, nous croyons intéressant de les résumer.

Traitement des eaux d'égout par dilution. — Dans les grands fleuves de l'Amérique le déversement des eaux d'égout ne semble pas produire de nuisance. Ainsi Weston estime que le Mississipi en amont de la Nouvelle-Orléans reçoit 6 810 000 m^3 d'eaux d'égout par jour correspondant à un débit de 65 m^3 575 à la seconde, et dans cette ville l'eau du fleuve n'est pas plus polluée que celle de la plupart des rivières. La dilution produit une réelle épuration, car il se produit en même temps de nombreux phénomènes qui aboutissent à la minéralisation de la matière organique et à la destruction des germes pathogènes, c'est ce qu'on a appelé l'*autoépuration*.

La pollution ou l'autoépuration d'une rivière peut être indi-

(1) 1re édition, New-York, John Viley, 1910.

quée par la quantité d'oxygène que l'eau contient. Parmi les exemples donnés le plus frappant ressort d'un tableau des analyses des gaz contenus dans l'eau de la Tamise. Le rapport de l'oxygène à l'azote est à Kingston, en amont de Londres, de 1 à 2, et à Greenwich en aval, de 1 à 62.

Les auteurs admettent que lorsque la matière organique des eaux d'égout a été minéralisée par les bactéries de l'eau, les bactéries originelles de l'eau d'égout meurent et disparaissent, entraînées au fond du fleuve par les matières solides auxquelles souvent elles adhèrent. La lumière, la température basse, les micro-organismes voraces du fleuve, l'excès ou le manque d'oxygène, les conditions osmotiques auxquelles elles ne sont pas adaptées, et par-dessus tout, la privation d'une nourriture riche à laquelle elles sont accoutumées, telles sont les conditions qui rendent la vie impossible aux bactéries des eaux d'égout. L'eau de rivière n'est pas un milieu favorable pour les hôtes ordinaires du tube digestif, l'adaptation n'est pas possible et ils meurent.

Une belle étude d'autoépuration fut entreprise en Amérique et les résultats en furent publiés en 1907. La ville de Chicago pour éviter la contamination des eaux du lac Michigan, dans lequel elle s'alimente en eau potable, fit en 1900 construire un canal pour déverser les eaux d'égout dans la rivière des Plaines, affluent de l'Illinois qui se jette dans le Mississipi un peu en amont de Saint-Louis. Cette dernière ville puise son eau d'alimentation dans le fleuve et craignant sa pollution intenta une action contre la ville de Chicago.

Chicago rejette chaque jour 1812 tonnes d'urine et de matières fécales avec ses eaux d'égout, qui sont d'abord diluées dans 10 fois leur volume d'eau de rivière, puis subissent des dilutions successives. Elles parcourent les 575 kilomètres qui séparent Chicago de Saint Louis en un temps variant de 8 à 18 jours.

Les résultats d'analyse publiés montrent que, pendant ce parcours, le chlore diminue de 92 pour 100, et parallèlement l'ammoniaque, qui peut être considéré comme témoin de la matière organique, diminue de près de 96 pour 100. Au contraire les nitrates augmentent. Mais la plus grande élimination est observée dans la flore microbienne, elle est de 99

pour 100. Il y a lieu de remarquer qu'au milieu du parcours l'Illinois reçoit les eaux des égouts de Peoria, ce qui augmente momentanément la contamination.

Les experts n'ont pu démontrer que la légère augmentation de cas de fièvre typhoïde constatée à Saint-Louis était due aux eaux de Chicago plutôt qu'à la pollution produite par d'autres villes dans le Mississipi; aussi la plainte de la ville de Saint-Louis n'a pas été retenue par la Cour Suprême.

Le pouvoir d'épuration d'une rivière est limité par la quantité d'oxygène soit libre, soit en combinaison facilement réductible, que les eaux renferment, comparativement à celle de la matière organique à oxyder. Lorsque le point critique est dépassé, au lieu d'oxydation on constate des réductions avec production de gaz à odeur désagréable, comme l'hydrogène sulfuré, et de composés comme les amines, mercaptans, etc..., et la putréfaction prend la place de l'épuration. Ces phénomènes ont été étudiés pour la Tamise dans sa traversée de Londres, et pour la Seine à travers Paris et le département de la Seine.

On peut du reste se rendre compte de l'épuration graduelle par l'aspect de la flore et de la faune des eaux du fleuve. Aux points d'extrême pollution on ne trouve aucune plante verte, mais des organismes inférieurs diversement colorés, des amas de Leptomitus gris ou noirs couvrent les roches, des Beggiatoa flottent à la surface; il y a peu de diatomées et protozoaires ainsi que d'algues bleues. A mesure que l'épuration s'effectue les algues vertes augmentent, favorisées par la présence de nitrates formés aux dépens de la matière organique : ce sont les Spirogyres et les Conferves, accompagnés de Diatomées et de Mastigophora.

Il est utile de pouvoir déterminer la capacité d'épuration d'un fleuve donné de façon à ne pas dépasser le point critique. Ce problème est très complexe car il faut faire intervenir le débit du fleuve, la composition de l'eau d'égout et son volume, ainsi que leurs variations. Rideal a proposé la formule suivante :

$$X\,O = C\,(M - N)\,S$$

dans laquelle X représente le débit du fleuve, O la proportion

d'oxygène dissous dans l'eau du fleuve par unité de volume, S le volume de l'eau d'égout ou son effluent épuré, M la quantité d'oxygène consommée par unité de volume d'eau d'égout, N la quantité d'oxygène utilisable sous forme de nitrates et nitrites, et C une constante.

De nombreuses études entreprises sur les eaux de fleuves différents, on peut tirer quelques indications pratiques. Stearns émet l'opinion suivante : lorsque le débit du fleuve est moindre de 57 litres à la seconde pour les eaux rejetées par 1 000 habitants il y a pollution; si le débit est supérieur à 225 litres à la seconde pour le même volume d'eau d'égout il n'y aura plus contamination dangereuse.

Rodolph Hering en prenant ces mêmes bases de calcul, donne le débit de 61 litres comme pollution certaine et celui de 200 litres comme non pollution. Suivant Goodnough il est peu probable qu'il y ait pollution avec un débit de 170 litres par seconde.

Ces données sont précisées par Stearns qui n'a envisagé que la pollution produite par l'eau d'égout elle-même, comme si elle était rejetée dans un fleuve de volume invariable et coulant avec une vitesse suffisante pour empêcher les dépôts. Ces dépôts des matières en suspension ne tardent généralement pas à se faire, soit sur les fonds abandonnés par la rivière lorsque le débit diminue, soit aux points morts du courant, soit enfin dans les trous qui se trouvent dans le lit du fleuve.

Johnson a converti ces nombres en se basant sur la dilution :

	Nuisance probable.	Nuisance improbable.
	—	—
D'après Hering.	1 dans 16	1 dans 45
— Goodnough. . .	1 dans 25	1 dans 56

c'est-à-dire que lorsque l'eau d'égout est diluée dans 56 à 45 fois son volume d'eau du fleuve, il y a probabilité pour qu'il n'y ait pas de pollution à craindre; au contraire les dilutions dans 16 et 25 volumes d'eau de fleuve sont insuffisantes pour éviter toute pollution.

Dans les rivières à courant lent on n'évite pas le dépôt des matières en suspension, et par suite les nuisances qu'elles produisent, avec une dilution de 1 pour 100, et même plus. Il

faut aussi tenir compte que les fermentations sont beaucoup plus actives en été lorsque le débit des cours d'eau est au minimum.

Si le rejet au fleuve est suffisant pour éviter les nuisances dans une ville, il n'en est pas de même lorsqu'il existe d'autres villes en aval. La loi américaine établit que tout propriétaire riverain a droit à un usage raisonnable de l'eau du fleuve dans son état naturel et non polluée, sauf pour les besoins normaux comprenant les lavages, bains, pêche et besoins de l'agriculture. Mais avec l'extension des industries la définition des droits de chacun est devenue plus compliquée. Ce sont cependant les actions portées devant les cours de justice qui ont obligé des villes à pratiquer l'épuration des eaux d'égout avant le rejet dans les fleuves.

Précipitation chimique. — Les auteurs indiquent les raisons pour lesquelles aucune installation comprenant la précipitation chimique n'a été établie dans ces dernières années en Amérique, bien que l'effluent qu'on en obtient contiennet moins de matières en suspension que celui soit de la décantation simple, soit des fosses septiques. C'est d'abord la dépense en réactifs chimiques et ensuite le volume considérable de boues produites, 50 pour 100 de plus que celles qui se déposent dans un bassin de décantation avec la même eau d'égout.

Puller pense que la précipitation chimique, comme traitement préliminaire avant la filtration, est beaucoup plus utile pour les eaux d'égout très chargées d'eaux résiduaires industrielles, que pour les eaux d'égout ordinairement domestiques. Dans quelques projets européens, on propose encore la précipitation chimique sous prétexte que la dépense est justifiée par un accroissement du volume d'eau traité par unité de filtre; mais en Amérique il n'en est pas de même, car les eaux d'égout sont très diluées.

Il est aussi un autre côté de la question à examiner, au moins pour les villes qui peuvent déverser leurs boues en mer. Il s'agit de savoir si la précipitation chimique ne sera pas avantageuse en évitant les remaniements fréquents des lits bactériens.

Traitement des boues d'eaux d'égout. — Après avoir décrit les divers procédés employés pour traiter les boues, les auteurs donnent dans un tableau les dépenses comparatives qu'ils occasionnent en Amérique.

PROCÉDÉ	NOMBRE DES INSTALLATIONS CONSIDÉRÉES	Coût du procédé par tonne[1] de boues à 90° d'eau y compris toutes charges et amortissement du capital.		
		Maximum	Minimum	Moyenne
Déversement sur la terre	3	0fr,132	0fr,28	0fr,20
Déversement à la mer	6	0fr,41	0fr,69	0fr,50
Tranchées dans le sol	3	0fr,40	0fr,70	0fr,50
Pressage groupe 1.	10	0fr,48	0fr,73	0fr,60
— — 2.	11	0fr,77	1fr,26	1fr,15
Pressage et incinération	1	» sans charges	1fr,33	»
		avec charges	1fr,80	estimation

Pour les installations dans lesquelles les boues sont pressées, le groupe 1 comprend les villes ayant une population supérieure à 30 000 habitants où les eaux subissent soit la précipitation chimique, soit la sédimentation simple, et où elles ne contiennent pas de résidus industriels qui obligent à ajouter de la chaux avant le pressage. Le groupe 2 comprend les villes ayant une population inférieure à 30 000 habitants et celles où il faut ajouter 3 à 20 pour 100 de chaux (calculé sur le tourteau pressé) avant le pressage, par suite de la présence d'une grande quantité de graisses, ou pour traiter les boues des fosses septiques.

Toutes ces méthodes peuvent avoir leurs avantages. Pour les petites installations assez éloignées des habitations, c'est la dessiccation des boues sur le sol où les fermiers viennent les chercher pour les incorporer à leurs terres. Pour les installations moyennes, la méthode par tranchées est de beaucoup la meilleure, car elle évite les inconvénients d'une nou-

(1) Bien que la tonne anglaise vaille 1016 kg., nous n'avons pas cru devoir faire la conversion en tonne française pour ne pas multiplier les décimales.

velle manipulation des boues. Pour les grandes installations, lorsqu'elles sont situées près de la côte, le rejet à la mer est ce qui est le meilleur et le moins coûteux; lorsqu'elles sont dans l'intérieur des terres, on doit avoir recours au séchage mécanique des boues qu'on donne aux fermiers, ou qu'on étend sur les terres basses dans les localités très isolées. Lorsque ces méthodes ne peuvent être employées, on doit se résoudre à brûler les boues pressées mélangées aux ordures ménagères ou à une petite quantité de combustible.

Irrigation terrienne. — Le choix de l'irrigation terrienne comme méthode pratique d'épuration des eaux d'égout dépend surtout des conditions locales. Dans les contrées sèches, où la moindre goutte d'eau est précieuse, il n'est pas douteux qu'elle soit le procédé idéal : c'est ce qui existe en Californie et autres régions analogues des États-Unis. Dans l'Inde les cultures de riz sont avantageusement irriguées par l'eau d'égout. Les villes anglaises qui avaient adopté l'irrigation malgré les conditions naturelles défavorables, ont montré qu'elle peut conduire à des insuccès coûteux.

Entre ces deux extrêmes, il est de nombreux cas assez difficiles à solutionner. Avec un bon sol et des pluies pas trop abondantes, l'irrigation peut être opérée avec avantage par les villes ayant à leurs portes de grandes surfaces de terrains sableux infertiles et à bon marché. Le prix de la terre, les dépenses de main-d'œuvre, les marchés convenables, et par-dessus tout l'aménagement ingénieux des cultures, sont les facteurs principaux du résultat final. Où ces conditions sont favorables (Aldershot et Berlin), les résultats économiques peuvent être satisfaisants. Lorsque toutes ces conditions ou même l'une quelconque font défaut, le succès est douteux.

Quelquefois, là où l'irrigation est maintenue, on peut craindre que l'efficacité sanitaire soit sacrifiée aux résultats économiques. Il y a en effet antagonisme entre ces deux points de vue et seules les grandes installations peuvent être dirigées par un homme instruit et capable de les harmoniser.

Dans les États de l'Est les conditions naturelles et les pluies sont généralement plus favorables à l'irrigation terrienne qu'en Angleterre, cependant les conditions écono-

miques et politiques sont contre cette méthode. Par suite des consommations excessives d'eau par habitant, dans ce pays, le volume des eaux d'égout est deux ou trois fois plus grand qu'en Europe. La main-d'œuvre est deux fois plus coûteuse aux États-Unis qu'en Angleterre. Les autorités municipales ne croient pas à l'efficacité de cette méthode d'épuration, aussi l'irrigation n'est pas appelée à se répandre pour les villes américaines, sauf dans les régions arides.

Filtration intermittente au travers du sable. — On sait que les premières expériences d'épuration biologique des eaux d'égout furent entreprises en Amérique en employant la filtration intermittente sur les filtres à sable; aussi y compte-t-elle beaucoup de partisans et en existe-t-il des installations.

Les résultats de la filtration intermittente, où la méthode a été appliquée avec soin et où les lits n'ont pas reçu des volumes d'eau d'égout supérieurs à ceux qu'ils comportent, ont été excellents; mais dans le Massachusetts il y a de nombreux exemples d'insuccès. Les lits de Gardner ont dû être entièrement refaits, et on a eu de nombreux déboires à Westboro, Andover et Marlboro, qui proviennent non de l'inefficacité de la méthode mais de son emploi irrationnel.

Dans les meilleures installations, l'épuration varie considérablement suivant les saisons. L'effluent le plus mauvais est obtenu au printemps, quand la surface des lits est colmatée; mais comme c'est l'époque de l'année où le débit des cours d'eau est le plus grand, le déversement d'un effluent imparfaitement purifié a moins d'effet qu'aux autres saisons. L'expérience a montré que, si l'eau d'égout traverse complètement des filtres de sable d'une profondeur d'au moins $1^m,20$, l'effluent est imputrescible. Au contraire, par suite du colmatage produit par le mauvais entretien des lits ou par le déversement de volumes d'eau d'égout trop considérables, une partie des eaux passe au-dessus au lieu de traverser les lits et on obtient de fâcheux résultats.

L'élimination des bactéries est de 99 pour 100 si les filtres sont bien entretenus.

Le coût de la construction des lits dans les meilleures conditions et lorsque le sable se trouve sur les lieux peut être seu-

lement de 1 fr. 256 à 1 fr. 864 par mètre carré. Lorsqu'on doit aller chercher le sable plus ou moins loin, le prix peut s'élever à 5 fr. 708, à 6 fr. 18 et plus.

Le taux d'irrigation au Massachusetts varie entre 56 et 112 litres par mètre carré et par jour. Cependant lorsque l'eau d'égout a subi un traitement préliminaire pour éliminer la plus grande partie des matières en suspension, ce taux peut être augmenté.

Comptant le prix de 1 fr. 545 par mètre carré de filtre construit dans les meilleures conditions, et 84 litres par mètre carré et par jour, comme taux d'irrigation, les intérêts à 5,5 0/0 du capital donneront une dépense de 1 fr. 76 pour le traitement de 1000 mètres cubes d'eau. Pour une dépense de construction de 5 fr. 708 par mètre carré et le même taux de filtration, la dépense sera de 4 fr. 22 par 1000 mètres cubes d'eau. Lorsque les conditions sont moins favorables, le prix peut augmenter beaucoup; ainsi à Brochton il a été de 8 fr. 81 par 1000 mètres cubes d'eau.

Les frais de fonctionnement sont plus élevés que les intérêts du capital engagé, car la surface des lits exige des soins attentifs pour que l'épuration soit efficace. Suivant Fuller ils correspondent à 1 franc par habitant et par an. Au Massachusets ils varient de 0 fr. 67 à 24 fr. 10, en moyenne 8 fr. 25 par 1000 mètres cubes d'eau.

Une dépense totale de 11 à 22 francs par 1000 mètres cubes d'eau n'est pas trop importante si l'on tient compte des excellents résultats d'épuration qu'on peut obtenir. On doit considérer la filtration intermittente comme une excellente méthode d'épuration des eaux d'égout, lorsqu'on peut se procurer facilement le sable, et lorsqu'on doit obtenir un haut degré d'épuration. Dans les régions où l'on ne trouve pas de bon sable, les dépenses de transport et de construction seraient prohibitives.

Lits bactériens de contact. — Les effluents des lits bactériens à double contact sont suffisamment épurés, cependant ce procédé est inférieur à celui des lits bactériens à percolation surtout pour les dépenses qu'il entraîne. Si les appareils de distribution de ces derniers sont coûteux, la construction des

lits exige une surface 1/3 ou 1/2 moindre, et les frais de remaniement des matériaux sont plus grands pour les lits de contact.

Dans certains cas les lits de contact sont préférables. Leurs effluents, quoiqu'ayant peu d'azote minéral, contiennent comparativement moins de matières en suspension. Un autre autre avantage se rencontre lorsqu'on dispose de peu de chute : un très bon lit à percolation exige au moins 2m,40 de hauteur (lit et appareil de distribution), tandis qu'on peut réduire cette hauteur à 1m,20 pour deux contacts si cela est nécessaire. Une installation par lits de contact est ramassée et peu visible, ce qui est important lorsqu'elle est petite (institutions, maisons particulières). Les lits de contact produisent moins d'odeur que les lits à percolation, ce qui permet de les rapprocher plus près des habitations; il ne s'y développe pas de mouches. Lorsqu'on emploie des appareils automatiques pour le remplissage et la vidange des lits, il faut se rappeler que le manque de surveillance conduit inévitablement à de mauvais résultats.

Lits bactériens à percolation. — Cette méthode est la plus économique pour épurer les eaux d'égout au point de vue de la stabilité organique, où la présence de matières en suspension n'est pas nuisible.

La surface moindre que les lits à percolation exigent est un point important. Ainsi avec un acre (4047 mètres carrés) on peut épurer par filtration intermittente sur le sable les eaux d'égout évacuées par 500 à 1000 personnes; par les lits à double contact celles de 4000 à 5000, et par lits à percolation les eaux d'égout produites par 10 000 personnes au moins.

Si l'on considère les frais de fonctionnement, l'avantage est généralement en faveur du procédé des lits à percolation.

D'après les expériences comparatives de Hering et Fuller sur les eaux de Chicago, en comptant tous les frais, intérêts du capital et fonctionnement, on arrive aux nombres suivants :

Filtration intermittente	27 fr. 40	par 1000 mètres cubes.
Lits de contact	22 fr.	—
Lits à percolation	17 fr.	—

De l'ensemble des estimations faites, tant en Angleterre qu'en Amérique, on peut tirer cette conclusion que les dépenses entraînées par le procédé des lits de contact sont entre 40 et 50 0/0 plus élevées que celles du procédé des lits à percolation. Celles de la filtration intermittente sont encore plus élevées que celles des lits de contact.

Contrôle national et d'État des Stations d'épuration d'eaux d'égout [1].

Dans une conférence faite récemment devant une association locale, M Calvin W. Headrick établit que le grand nombre de délégations avant un caractère public ou privé qui ont visité les installations d'épuration des eaux d'égout, démontre combien ce problème est étudié actuellement. Ceci doit appeler l'attention des législateurs qui ont à tenir compte des désirs des électeurs. Malheureusement aux États-Unis on ne connaît pas bien les pouvoirs respectifs des États et du pays.

Pendant longtemps l'épuration des eaux d'égout et leur évacuation même était considérée comme ayant une importance bien moindre que la distribution d'eau potable et le pavage des rues. Il a fallu les découvertes bactériologiques et de nombreuses épidémies pour alarmer le public. On peut dire actuellement que le public sait qu'il y a un grave danger pour la santé dans le déversement sans contrôle des eaux d'égout non épurées dans les cours d'eau et les lacs.

En Angleterre comme en Prusse, les lois sanitaires régissent tout le pays, tandis qu'aux États-Unis la santé publique est protégée par des règlements de police particuliers à chaque État. Le président Taft a cependant, dans son message de 1909, indiqué la nécessité de l'établissement d'un conseil d'hygiène national. Une commission devait être nommée pour étudier l'épuration des eaux d'égout dans ses grandes lignes, en rapport avec les diverses villes et les conditions différentes, pour protéger la santé du pays et sauvegarder la pureté des rivières et cours d'eau qui les arrosent.

[1] *Eng. Rec.*, 25 déc. 1909, p. 704.

L'hygiène n'intéresse pas seulement la ville ou l'État, mais la nation entière.

Il serait désirable que des lois fixent d'une façon précise et pour tous les États les conditions d'épuration et de déversement des eaux d'égout dans les rivières. On éviterait ainsi des conflits et des réclamations entre les États voisins.

BALTIMORE (1). — La nouvelle canalisation de Baltimore, construite d'après le système séparatif, permet de n'envoyer à l'épuration que des eaux d'égout concentrées. Le procédé d'épuration n'a été définitivement choisi qu'après une longue période d'expérimentation précise.

L'effluent arrive d'abord dans une chambre à grilles, dont les dimensions sont de 20 mètres de longueur, 4 mètres de profondeur et 3m,70 de largeur, sauf à l'extrémité où la largeur augmente jusqu'à 7m,50. L'eau qui sort de cette chambre se rend dans des bassins de décantation. Chacun de ces bassins a 126 mètres sur 31 mètres et 3 à 4m,50 de profondeur. Sur les trente premiers mètres, le fond des bassins est disposé en pente de 1 : 4, vers trois canalisations longitudinales d'évacuation des boues, tandis que dans l'autre partie du bassin la pente n'est que de 1 : 12,29 vers deux canalisations d'évacuation des boues. Les deux parties sont séparées par une paroi qui constitue elle-même la canalisalion centrale de vidange des boues. Grâce à ce dispositif, la décantation des grosses matières en suspension se fait dans la première partie du bassin, sans que l'autre partie soit envahie par les boues, ce qui évite la vidange et le nettoyage de cette dernière partie. L'eau séjourne six heures dans ces bassins. Les boues accumulées sont évacuées en partie par gravitation et en partie au moyen d'une pompe dans des fosses septiques où on les abandonne à la fermentation. Ces fosses, au nombre de trois, ont chacune des superficies de 42 mètres sur 30 mètres ; leur fond est en pente de 1 : 11. Les boues fermentées sont refoulées ensuite par une pompe sur un filtre à sable où elles s'égouttent.

Les eaux qui sortent des bassins de décantation s'écoulent par gravitation sur les lits bactériens percolateurs, d'une

(1) D'après *Engineering Record*, 1909, n° 9, p. 237, et *Wasser und Abwasser*, vol. 2, n° 2, p. 67.

superficie de 100 mètres sur 120 mètres, et d'une hauteur de $2^{m},50$. La répartition se fait par becs pulvérisateurs qui travaillent sous pression variable, de sorte que la surface arrosée par chaque bec peut varier, suivant la pression, de $0^{m2},4$ à 20 mètres carrés. Les lits bactériens sont au nombre de 4, ce qui correspond à un volume de matériaux de 120 000 mètres cubes.

L'eau qui s'écoule des lits bactériens se rend dans deux bassins de décantation de 3 mètres de profondeur et de 87 mètres sur 82 mètres de surface. La boue qui s'y accumule est renvoyée aux fosses septiques à boues. L'eau épurée doit ultérieurement servir à actionner une usine d'électricité, les derniers bassins de décantation étant encore à 6 mètres au-dessus du niveau du canal.

COLUMBUS [1], Ohio, U. S. A. — Comme pour la plupart des villes américaines la population de Columbus s'accroît rapidement. De 88 150 en 1890 elle est passée à 125 560 en 1900, 170 000 en 1907 et elle atteint près de 200 000 habitants en 1910. Aussi en est-il résulté une contamination de la rivière Scioto telle qu'en 1903 la création d'une station pour rechercher la meilleure méthode d'épuration des eaux d'égout fut décidée. Nous avons publié les premiers résultats de ces expériences dans le deuxième volume de ces Recherches (page 171).

Par suite de sa topographie la ville est divisée naturellement en 3 districts : le district Est a des égouts du système unitaire; le 2e district a aussi des égouts du système unitaire, mais les eaux par temps sec sont interceptées dans un égout spécial; pour le district Ouest on a adopté le système séparatif, car lors des crues les égouts étaient auparavant inondés.

Il est à remarquer que jusqu'à Portsmouth (160 km.) où elle se jette dans l'Ohio, la rivière Scioto ne sert pas pour la distribution d'eau potable.

L'installation comprend des fosses septiques, des lits bactériens percolateurs, et des bassins de sédimentation.

Les eaux d'égout par temps sec se rendent en un point où

(1) J.-H. Gregory. *Proceedings of the Am. Soc. of Civil Engineers*, vol. XXXVI, n° 1, p. 275.

se trouve l'usine de pompage. Les eaux du district Est sont refoulées par une pompe spéciale pour les réunir aux autres. De même les eaux de pluie du district Ouest, recueillies dans des égouts pluviaux, sont pompées à la même station. Les eaux passent au travers de grilles mobiles formées de barreaux ronds de 18 millimètres, espacés de 25 millimètres, nettoyées à la main.

L'installation d'épuration est construite pour traiter 91 000

Fig. 26. — Station d'épuration de Columbus (plan général).

mètres cubes en 24 heures, mais on a prévu son agrandissement pour épurer 136 000 mètres cubes par jour; elle est la plus grande actuellement existant aux Etats-Unis. Pour la protéger contre toutes les inondations, elle est entourée d'une digue élevée de $1^{m},80$ au-dessus du niveau le plus haut de la rivière, soit de 3 à $4^{m},50$ au-dessus du sol (fig. 26).

Les fosses septiques sont divisées en deux séries, 4 fosses primaires de $16^{m},95$ sur 45 mètres et 2 fosses secondaires de $34^{m},35$ sur $78^{m},60$. Ces fosses, construites en béton, ne sont pas couvertes; elles ont une profondeur moyenne de $3^{m},60$. Les premières ont chacune une capacité de 5225 mètres cubes, les secondaires de 14 760 mètres cubes, soit au total 56 410 mètres

cubes. Les entrées et les sorties sont aussi éloignées que possible dans chaque fosse, et, pour obtenir la meilleure décantation des boues, on les a divisées longitudinalement en 3 sections par des murs transversaux. Toutes les combinaisons pour le remplissage des unes ou des autres de ces fosses sont possibles (fig. 27).

Par suite des variations de débit le niveau dans les fosses variait aussi de 0m,93 au maximum. Sur ces données la durée

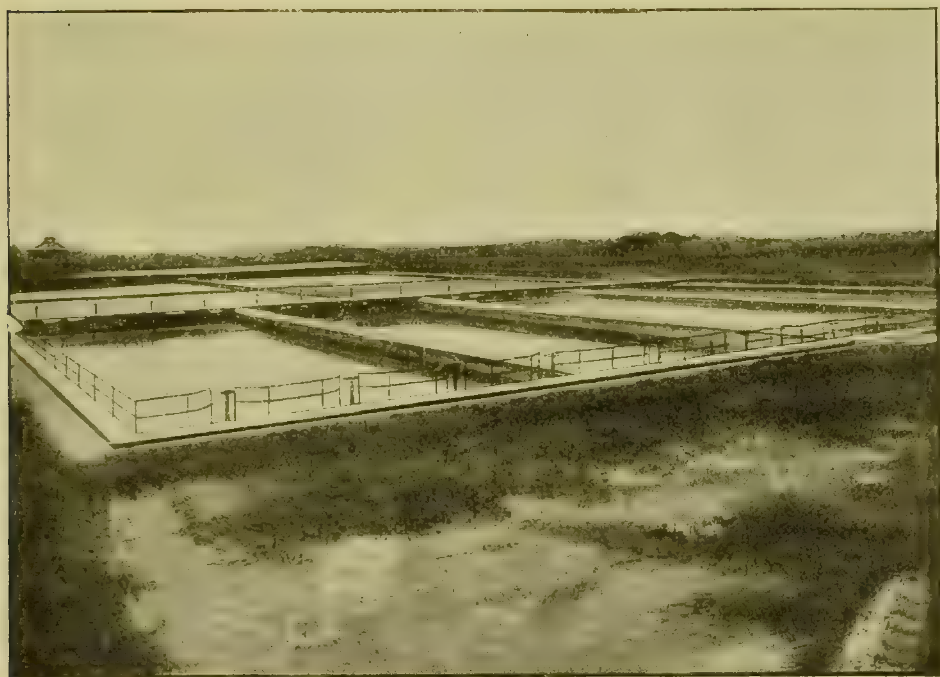


Fig. 27. — Station d'épuration de Columbus (fosses septiques).

du séjour des eaux est de 8 heures 1/2 environ. Toutefois, comme on a reconnu que les résultats satisfaisants étaient obtenus en maintenant un niveau constant dans les fosses, cette méthode est maintenant employée. Les boues s'évacuent par des canalisations au fond incliné puis sont déversées actuellement dans la rivière quand la dilution est suffisante, mais elles seront bientôt envoyées sur des terrains appropriés.

L'effluent après fermentation est dirigé au centre d'un hexagone divisé en 6 triangles équilatéraux dont 4 seulement sont aménagés actuellement. Il est reçu d'abord dans un puits de 4m,50 de diamètre et de 7m,60 de profondeur, puis dans un

puits annulaire de 0m,90 de longueur. Il passe ensuite dans une série de chambres distributrices construites à la partie supérieure de l'anneau dans lesquelles se trouvent des appareils réglant le débit de 45 400 mètres cubes par jour sous une perte de charge minimum de 225 millimètres.

Chaque lit (fig. 28 et 29), de la forme d'un triangle équilatéral de 151m,50 de côté occupe une surface de 10 100 mètres carrés, soit une surface totale de 40 400 mètres carrés pour



Fig. 28. — Station d'épuration de Columbus (lits bactériens).

les 4 lits, mais comme chaque moitié du lit peut fonctionner indépendamment de l'autre il y a en somme 8 lits de 5050 mètres carrés. Ils doivent épurer normalement 2240 litres par mètre carré avec repos de la moitié du temps, et 4480 litres en service ininterrompu.

Pour prévenir les effets des températures basses le système de distribution a été établi au-dessous de la surface des lits : il consiste en un réseau de canalisations portant des becs pulvérisateurs (1). Ces becs sont éloignés les uns des autres à une distance de 4m,60, arrangés de façon à former des triangles équilatéraux. Les premières expériences avaient montré que

des résultats satisfaisants étaient obtenus avec une pression constante, mais depuis on les a reconnus meilleurs lorsque la pression change, variation qu'on produit actuellement toutes les heures à la main et on étudie le moyen de l'obtenir avec des appareils automatiques.

Les lits sont construits avec des pierres cassées sur une hauteur totale de 1^{m},60; la partie inférieure composée de morceaux de 75 à 100 millimètres. Dans les lits 1 et 2 les maté-



Fig. 29. — Station d'épuration de Columbus (lits bactériens).

riaux placés au-dessus ont une grosseur de 37 à 75 millimètres; en moyenne 42^{mm},5. Dans les lits 3 et 4 la grosseur est de 25 à 75 millimètres; en moyenne 37 millimètres. Ces pierres sont des calcaires du pays cassés à la grosseur voulue et débarrassés de poussières.

Comme l'effluent des lits percolateurs n'est pas parfaitement limpide et comme il contient encore des particules en suspension, il traverse un ou deux bassins de sédimentation avant de se jeter dans la rivière. Chaque bassin a une capacité de 9 000 mètres cubes; le temps minimum d'écoulement

(¹) Voir vol. 4, p. 99, fig. 12.

de l'eau au travers est de 2 h. 1/2 ; la profondeur est de 1m,20 à 1m,35. L'effluent de chaque bassin sort par un déversoir circulaire de 5m,70 de diamètre, les matières flottantes étant retenues par un cylindre plongeant mobile.

Les résultats d'épuration sont donnés par le tableau suivant comprenant la moyenne des analyses journalières de janvier et août 1909.

	LITRES PAR M² PAR JOUR	EN MILLIGRAMMES PAR LITRE					PUTRESCIBILITÉ 24 h. à 37°
		MATIÈRES EN SUSPENSION	OXYGÈNE ABSORBÉ	OXYGÈNE DISSOUS	NITRITES	NITRATES	
Janvier 1909							
Eau brute criblée	4368	340	100	»	»	»	»
Effluent des fosses septiques. .	»	105	60	»	»	»	»
Effluent des lits percolateurs.. .	»	81	»	»	»	»	»
Effluent des bassins de sédimentation	»	50	30	4,6	0,20	0,65	23/30
Aout 1909							
Eau brute criblée..	5040	126	42,5	»	»	»	»
Effluent des fosses septiques.. .	»	55	32	»	»	»	»
Effluent des lits percolateurs.. .	»	75	18,3	»	»	»	»
Effluent des bassins de sédimentation	»	20	18	6,4	»	3,7	1/26

CHAPITRE VIII

ÉLIMINATION DES MATIÈRES EN SUSPENSION

Séparation des matières en suspension dans les eaux d'égout et les eaux industrielles.

D'après James P. MORRINGTON (¹).

Dans le 5ᵉ rapport de la commission royale anglaise il est clairement démontré que le traitement préliminaire des eaux d'égout le plus économique en usage actuellement est la sédimentation par repos sans addition de réactifs chimiques, mais par contre les frais d'établissement des bassins sont plus élevés. Toutefois la surface des lits bactériens est considérablement moindre que celle exigée par la plupart des autres méthodes, car mieux les matières en suspension auront été éliminées, plus grand pourra être le volume d'eau traité par mètre carré de lit bactérien. Tous les procédés, cependant, qui permettront d'éliminer effectivement et économiquement les matières en suspension auront droit à notre considération; et si, en même temps, ils facilitent la manutention des boues, ce sera grand avantage.

L'auteur décrit deux dispositifs permettant d'atteindre ce but :

Le premier est allemand et s'appelle le *Kessel* (fig. 30); il est formé d'un cylindre terminé par deux cônes, disposé verticalement sur un support en fer ou en briques au-dessus du niveau de la canalisation d'eau d'égout à traiter. L'eau est conduite

(¹) *Sanitary Record*, 14 oct. 1909, p. 359.

à siphonner dans le cylindre avec seulement une perte de charge de 50 à 75 millimètres à la sortie.

Au point voulu de l'égout on pratique une chambre creusée de 0^{m},50 ou plus au dessous du radier, dans laquelle descend la courte branche du siphon de façon à toujours plonger dans l'eau. Du côté opposé du Kessel une autre chambre reçoit la longue branche du siphon plongeant également, le radier de l'égout d'évacuation étant de 50 à 75 millimètres plus bas que le premier de façon à assurer le siphonnement. Au dessous de l'appareil se trouve une troisième chambre dans laquelle aboutit un tuyau partant du cône de l'appareil et plongeant aussi pour l'évacuation des boues.

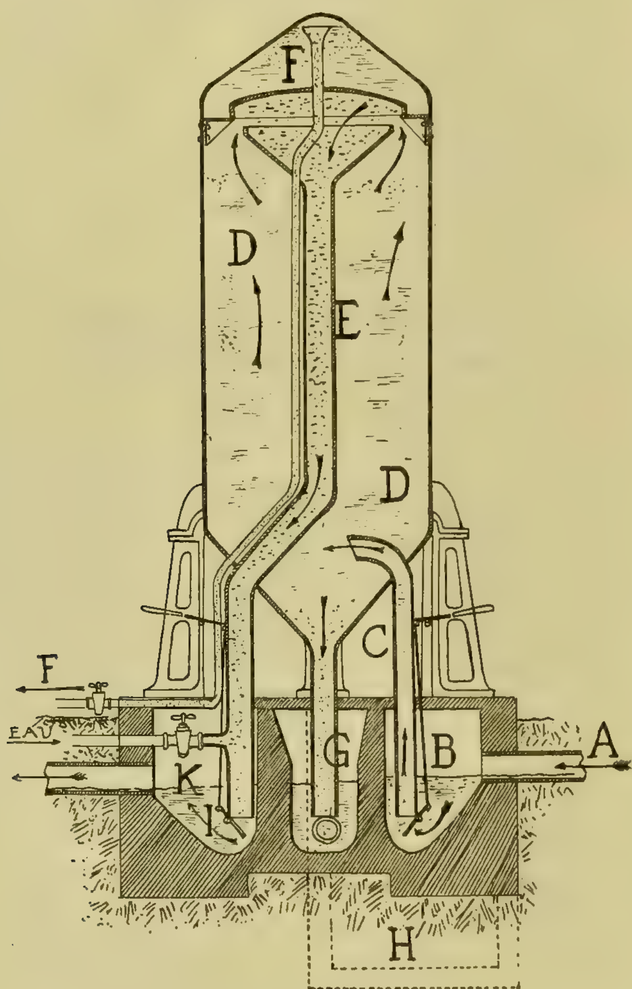


Fig. 50. — Appareil pour la séparation des matières en suspension dans les eaux d'égout.

L'eau entrant dans l'appareil par la petite branche du siphon qui se termine en biseau tourné vers le bas à la partie basse du cylindre, s'y élève et abandonne les parties lourdes en suspension qui retombent dans le cône inférieur, pour s'échapper par un grand entonnoir placé à la partie supérieure du cylindre et terminé par un tuyau formant la branche longue du siphon, après s'être débarrassé des parties légères telles que les graisses qui s'accumulent dans le cône supérieur d'où elles

sont évacuées par un petit entonnoir et un tuyau qui les dirige avec les gaz dans une fosse spéciale. Tous les tuyaux sont munis de vannes. Pour assurer le siphonnement il est nécessaire de remplir au préalable d'eau tout l'appareil, ce qui est fait en reliant un des tubes du siphon avec la canalisation d'eau potable.

Le volume d'eau qui peut ainsi être traité dépend de la contenance de l'appareil et de la nature de l'eau d'égout, la vitesse devant varier de un demi à un millimètre par seconde. Un appareil de 2^{m},40 de diamètre, par exemple, traitera 9 à 18 mètres cubes à l'heure, un autre de 9 mètres de diamètre traitera 115 à 230 mètres cubes à l'heure. La hauteur est limitée par la pression atmosphérique comparée à la densité de l'eau à traiter ; elle est de 8^{m},1 à 9 mètres. La capacité de l'appareil sera égale au volume de l'eau qui s'écoule pendant 1 h. 1/2 à 3 heures.

Avec cet appareil, des eaux de papeterie ont été débarrassées de 75 à 90 pour 100 des matières en suspension, suivant la vitesse d'écoulement, tandis que des eaux d'abattoirs perdaient 99,7 pour 100 des matières en suspension et 99,6 des graisses. D'une eau d'égout domestique on éliminait environ 70 pour 100 des matières en suspension.

Le second dispositif est un *séparateur* consistant en une chambre à sable peu profonde, suivie d'un bassin comparativement petit et peu profond, la capacité de la chambre à sable étant suffisante pour ralentir l'écoulement de l'eau et permettre aux matières lourdes de se déposer, aux matières légères de venir flotter à la surface. Les eaux sortent de la chambre à sable, par une ouverture placée bien au-dessous de la surface, ne contenant plus en suspension que les matières les plus finement divisées et dont la densité est très peu supérieure à celle des eaux d'égout.

Dans le fond large du bassin, ces fines particules se déposent et la sortie est disposée de façon à éviter tout mouvement du liquide dont la vitesse est suffisante pour les entraîner. On obtient ce résultat en divisant le courant sur les bords d'un grand nombre de petits canaux placés à la surface, exactement, tous au même niveau, comme avec un très long déversoir. La vitesse d'écoulement de l'eau auprès du déversoir est si faible

que même les particules les plus fines se déposent. Dans les grandes installations le bassin est divisé en sections pour mieux régler l'écoulement. De plus, il y a doubles bassins, un étant en nettoyage chaque jour pendant que l'autre est en fonctionnement. La capacité totale des bassins peut être égale seulement au volume de l'écoulement maximum pendant une demi-heure, compris la division en deux sections.

A Dorchester où les eaux d'égout contiennent au moins 25 pour 100 d'eaux de brasserie, on a pu éliminer 96,5 pour 100 de matières en suspension.

Un autre avantage est qu'on peut traiter les boues tous les jours sans les laisser s'accumuler. L'auteur pense qu'il est préférable d'évacuer les boues le plus souvent possible. Il ajoute même que dans certains cas l'eau ainsi traitée peut être rejetée à la rivière.

Élimination des matières organiques par grilles et bassins (1).

Par les grilles ou les tamis on peut retenir une certaine quantité de matières organiques flottantes ou en suspension dans les eaux d'égout, variable suivant les ouvertures. Ces cribles ont surtout été employés pour éviter les avaries aux pompes; les barreaux sont ordinairement espacés de 25 millimètres. Récemment on a reconnu qu'il était très désirable de retenir autant que possible ces matières, par l'emploi de cribles plus fins pour qu'elles ne viennent pas s'accumuler dans les filtres, qu'il est toujours très coûteux de remanier fréquemment. Les procédés modernes d'épuration comprennent deux opérations distinctes : l'élimination des matières en suspension et l'oxydation des matières organiques putrescibles en solution.

On peut dire en général que ce sont les matières en suspension qui, pour la plus grande part, contribuent à donner l'apparence de pollution aux rivières dans lesquelles les eaux d'égout sont rejetées. Leur quantité est très variable non seu-

(1) E. Kuichling. *Eng. Rec.*, 21 mai 1910, p. 669.

lement avec les villes, mais de jour en jour et même d'heure en heure pour une même ville. Ainsi à *Paterson* cette variation est de 45 à 641 milligrammes par litre, à *Columbus* de 12 à 842. La plus grande partie de ces matières est d'origine minérale : Ainsi à *Columbus* la proportion est de 150 parties de matières minérales pour 79 parties de matières organiques.

La majeure partie des matières minérales est si finement divisée qu'elle ne se dépose pas; seulement celles qui pèsent plus de 2/10 de milligramme tombent au fond des bassins ou fosses. La quantité qui est retirée des fosses à sables, calculée par l'auteur d'après des exemples assez nombreux, est d'environ 100 milligrammes par litre, soit plus du tiers des matières en suspension des eaux d'égout des villes américaines.

Ce qu'on peut arrêter par les grilles est ordinairement considéré comme insignifiant par suite des espaces relativement larges entre les barreaux, la quantité peut être évaluée en moyenne à $12^{mg},5$ par litre d'eau d'égout.

On a employé à Leeds (Angleterre) des plaques de zinc perforées de trous de 5 millimètres. A Wiesbaden (Allemagne) on a d'abord installé 3 grilles à barreaux espacés de 154 millimètres et 1 millimètre, puis elles ont été changées pour une série de quatre grilles de 40, 15, 2,5 millimètres et 1,5 millimètre; on retirait dans le premier cas $0^{m3},227$ par 1000 mètres cubes d'eau et dans le deuxième cas $0^{m3},327$. Avec les appareils de *Riemsch*, plaques tournantes perforées de fentes de 2 millimètres, on retenait à *Dresde* $0^{m3},145$ de matières par 1000 mètres cubes d'eau en marche continue. L'appareil de Latham est formé d'une roue entourée de plaques perforées; on obtenait à *Coventry* de $1^{m3},500$ à $1^{m3},860$ de matière par 1000 mètres cubes d'eau. Il y a environ 12 ans, on employait presque partout en Angleterre des toiles métalliques sans fin à mailles de 6 millimètres. On obtint ainsi à *Sutton* 120 kilogrammes par 1000 mètres cubes d'eau ; à *Gottingen* (Allemagne) $32^{kg},66$ pour le même volume.

Dans ses expériences, Mezger a employé un crible à mailles de $1^{mm2},55$. Lorsque la toile était au repos, la collecte maximum était par heure de 377 kilogrammes par 1000 mètres cubes, puis pour 4 heures consécutives de $951^{kg},4$, puis pour 24 heures consécutives 500 kilogrammes,

le minimum en une heure étant de $20^{kg},7$ par 1000 mètres cubes. Lorsque la toile était animée d'une vitesse de $12^{mm},5$ à 50 millimètres par seconde, la collecte était d'environ 14 pour 100 moindre pendant les 4 heures du plus grand débit par temps sec. D'après les nombres donnés on peut évaluer à $0^{m3},496$ par 1000 mètres cubes le volume des matières retenues.

A *Reading* on a fait ces deux dernières années des expériences de traitement d'eaux d'égout, principalement domestiques et contenant peu d'eaux industrielles et pas d'eaux de lavage des rues, avec des cribles fins. L'appareil est formé d'une armature cylindrique tournante de $4^{m},80$ de large et $1^{m},80$ de diamètre recouverte d'une toile métallique à mailles de $0^{mm2},6$. La quantité de matières retenues a été en moyenne de $0^{m3},177$ par 1000 mètres cubes. On élimine actuellement de cette manière 90 milligrammes sur les 215 milligrammes de matières en suspension contenues par litre d'eau d'égout en moyenne.

Les analyses des matières arrêtées par les cribles ont été faites par Monti à *Berlin*. Les eaux avaient traversé d'abord des grilles à barreaux espacés de 15 millimètres. La quantité de matières ainsi retenue n'a pas été relevée durant ces expériences, mais du nombre total contenu dans le rapport de 1900, on peut déduire une proportion de $11^{mg},2$ de matière par litre. Les expériences furent faites sur des eaux déjà criblées et partiellement décantées dans les puits d'alimentation des pompes, prélevées à différentes profondeurs. Ces eaux furent versées sur des tamis de toiles métalliques à mailles de 7, 4, 2 millimètres, 1 et 0,5 millimètre et on détermina la quantité de matières en suspension par filtration. Monti trouva que la série de tamis retenait seulement 13,5 pour 100 des matières en suspension dans l'eau d'une station et 14 pour 100 dans celle de l'autre station. Pour le caractère des matières, il donne les observations suivantes :

Tamis de 7 millimètres, matières fécales, papiers, tissus, matières végétales, feuilles, bois, etc. ;

Tamis de 4 et 2 millimètres, petits fragments de légumes, feuilles, bois, graines, etc., débris de cuisine ;

Tamis de 1 millimètre, principalement matières gélati-

neuses formées de débris de légumes, coton, lin, laine, cheveux et tissus musculaires.

Tamis de 0,5 millimètre, mêmes matières que les précédentes, mais plus fines.

En séchant et pesant les matières retenues sont :

Station V. —	Sur les	tamis	97	milligr. par litre.
—	—	filtres.	635	—
—	—	matières totales.	730	—
Station VII. —	Sur les	tamis.	35	—
—	—	filtres.	215	—
—	—	matières totales.	250	—

Les proportions de matières sèches retenues sur chaque tamis pour les deux stations sont :

Tamis de.	7	4	2	1	0,5 mm.
Moyenne.	43,6	4,0	1,1	9,0	32,0 mg.
Maximum	68,0	7,0	1,7	14,0	51,0 mg.
Humidité pour 100.	75-78	75-80	75-80	85-90	90-95

Ceci montre que la plus grande partie des matières en suspension dans l'eau d'égout est extrêmement fine et passe au travers d'un tamis à mailles de $0^{mm},5$; que les matières fécales sont retenues principalement par un tamis à mailles de 6 millimètres, et qu'un tamis à mailles de $1^{mm},25$ est probablement assez fin pour retenir les matières en suspension, ce qui tend à réduire le pourcentage de matières retenues par les tamis. Il faut aussi remarquer un autre fait signalé, c'est la putrescibilité apparemment lente des matières retenues par les deux plus fins tamis.

On a montré que ces matières, ensemencées dans des milieux stériles donnaient lieu à des cultures abondantes, il est à supposer que les microbes y adhérant par leur retenue sur des tamis on diminuera leur nombre dans les eaux.

L'auteur pense que les eaux bien criblées pourraient être rejetées sans épuration dans les rivières. Il faut remarquer que ce traitement est bien moins coûteux que la sédimentation dans de grands bassins avec les difficultés de traitement de la boue et la non-amélioration de l'effluent.

En Allemagne on porte grande attention à cette question et les eaux doivent être complètement clarifiées avant d'être

rejetées dans les rivières. Si l'eau d'égout reste trouble après repos de quelques heures dans un bassin, on doit lui faire subir un traitement chimique, principalement dans les villes où existe le tout à l'égout. A la suite des études montrant l'auto-épuration de ces eaux dans les fleuves, on a admis que dans beaucoup de cas il est suffisant d'éliminer de l'eau d'égout seulement les plus grosses matières en suspension, comme celles arrêtées par un tamis à mailles de 3 millimètres (Hambourg et les villes sur le Rhin).

Grilles pour l'élimination des matières en suspension (1).

On peut retenir les matières volumineuses entraînées par les eaux d'égout au moyen de grilles fixes, mais ces appareils sont d'un nettoyage difficile qui s'effectue à la main de temps en temps. Lorsqu'il survient un orage ou une pluie abondante, l'accumulation de débris sur les grilles est trop grande pour qu'on puisse les retirer facilement, et si cela a lieu la nuit, le nettoyage n'est pas fait faute souvent de personnel.

Les cribles sont maintenant installés partout, quoique leur utilité ait été contestée dans quelques cas; leur fonction est purement mécanique. Lorsqu'on doit pomper les eaux d'égout, ces cribles sont indispensables pour éviter la détérioration des pompes.

Il existe de nombreux types de cribles automatiques, mais il est toujours difficile de débarrasser les dents des râteaux qui nettoient les cribles des débris qui y sont attachés, ce qui supprime leur action et cause un encombrement.

Il était à désirer qu'on invente un appareil supprimant cette difficulté et dont le mécanisme soit aussi simple que possible, c'est ce qui semble avoir été réalisé dans l'appareil de *E. S. Law*.

L'eau d'égout coule contre une grille à barreaux espacés de 12,5 millimètres. Un rateau, d'une largeur presque égale à

(1) *Sanitary Record*, 9 déc. 1909, p. 553.

celle du canal, se meut dans deux guides ou courses, il descend sur le lit du canal en s'écartant de la grille, puis les dents entrent entre les barreaux en remontant. Le rateau est maintenu dans la même position pendant son ascension; à ce moment un ingénieux mécanisme horizontal nettoie les dents du rateau et dépose les débris sur un chemin roulant qui les emporte à un dépôt.

Le mécanisme est simple, robuste et automatique; placé au-dessus du sol il peut être surveillé et réparé facilement.

Le grand avantage de cet appareil est dans le nettoyage facile des cribles, que les eaux d'égout soient domestiques ou industrielles.

CHAPITRE IX

DISSOLUTION DES BOUES DANS LES FOSSES SEPTIQUES

La question de la dissolution des boues dans les fosses septiques a été de nouveau étudiée par *Spillner* (¹). Pour se rendre compte de l'importance de cette dissolution, il est nécessaire de choisir d'abord une bonne méthode d'appréciation. La mesure de la hauteur de la couche de boues est insuffisante, car cette hauteur dépend de l'état de fluidité de la masse, et c'est ainsi que certains auteurs ont pu conclure à une dissolution presque complète des dépôts dans les fosses, tandis que d'autres ont trouvé qu'il n'y avait à peu près aucune dissolution. Il est bien préférable d'étudier le problème comme le recommande Dunbar, en plaçant dans les fosses septiques un certain nombre de substances et en déterminant l'intensité de l'action dissolvante par les variations de poids de ces substances : c'est ainsi qu'ont été effectués les essais de Favre, dont nous avons parlé dans un de nos précédents volumes (²) et qui ont démontré l'importance des phénomènes de solubilisation qui se produisent dans les fosses septiques.

Les nouveaux essais entrepris par Spillner ont confirmé le fait déjà signalé par Favre, au sujet de la nécessité de faire ces expériences en fosse septique et non pas dans des fûts remplis avec de l'eau provenant d'une fosse septique. Tandis que l'albumine d'œuf, la viande bouillie, le concombre cru, etc., se dissolvent très rapidement dans la fosse septique dans les

(¹) *Gesundheits-Ingenieur*, 32ᵉ année, 1909, n° 50, p. 825.
(²) Voir vol. IV, p. 30.

expériences de Spillner, la dissolution est très lente dans le fût rempli d'eau d'égout. On ne saurait attacher trop d'importance à ce fait dans les expériences entreprises sur cette question.

Spillner a montré également dans son travail que les décanteurs Emscher, dont nous avons parlé dans un de nos précédents volumes (1) permettent une dissolution voisine de celle des fosses septiques ordinaires, bien que le courant d'eau y soit beaucoup plus faible.

(1) Voir vol. IV, p. 62.

CHAPITRE X

UTILISATION DES BOUES, LEUR ANALYSE

Analyses et expériences de E. Damour sur les boues de Colombes et remarques sur leur utilisation (1).

L'auteur a voulu envisager les deux questions suivantes :

1° Utilisation des boues à la production de force motrice et étude de leur pouvoir calorifique;

2° Perspective d'arriver à une récupération de l'azote dans une matière actuellement inutilisée par la culture.

Ces deux points de vue doivent, du reste, toujours être examinés si l'on veut arriver à la solution la plus parfaite, car la question agronomie et la question assainissement se complètent l'une l'autre.

Mais la suite des expériences a montré que les boues d'égout sont trop variables et parfois trop peu azotées pour être le combustible réellement approprié pour un gazogène à récupération d'azote. L'auteur a donc renoncé aux recherches dans ce sens. Il croit avoir résolu d'une façon satisfaisante le problème de la destruction des boues desséchées, en gazogène, avec production de force motrice.

1° Essais chimiques des boues de Colombes :

Dosage sur boue sèche déshydratée à l'étuve à 100°.

Eau.	Cendres.	Combust.	P. calorifique.	Az pour 100.
74,45	47,13	52,87	2,532	9,58

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale* (Paris). Janvier 1909, p. 92, et *Bulletin de l'Office international d'hygiène publique*, 1909, p. 1018.

Dosages rapportés à la matière humide.

Mat. organ.	Cendres.	Az pour 100.
13,51	12,04	2,45

Ces chiffres moyens peuvent varier beaucoup d'un échantillon à l'autre.

L'auteur croit pouvoir affirmer que les boues sont faiblement combustibles, sans addition de gadoues ni d'aucun combustible auxiliaire; quant aux boues expurgées de leur eau elles peuvent non seulement brûler, mais même fournir une quantité appréciable de calories.

Telles sont les conclusions résultant de l'étude des boues au laboratoire.

2° Expériences industrielles sur les boues de Colombes.

Essais de combustion. — Les expériences négatives des fours de Meldreim ne doivent pas nous décourager, car il est sûrement possible de réaliser un four pouvant brûler les boues puisqu'elles sont combustibles. Et surtout si l'on ajoute à la boue une certaine proportion de gadoue sèche, on arrivera toujours à résoudre le problème, pourvu que le four soit bien adapté aux conditions particulièrement difficiles de cette combustion.

Gazéification après séchage. — La question de la gazéification des boues et l'emploi des boues après dessiccation à la production de force motrice a été étudiée plus à fond et les conclusions sont plus précises.

Deux solutions sont en présence d'après les expériences faites : 1° La combustion dans les fours avec production éventuelle de chaleur s'il y a excès de calories; 2° la combustion en gazogène, après dessiccation préalable et produisant la force motrice dans les moteurs à explosion.

Les deux solutions sont possibles. L'auteur l'a démontré pour la première au moyen des analyses de boues et il a établi qu'on pourrait l'améliorer sensiblement par une dessiccation partielle par laminage, compression ou mise en tas.

L'auteur l'a démontré plus parfaitement encore pour la seconde au point qu'il ne soit pas douteux que des moteurs à gaz de plusieurs centaines de chevaux puissent être actionnés par la boue d'égout de Paris.

On peut se demander enfin si une solution mixte ne serait pas encore la meilleure, réunissant les avantages du séchage économique, et même gratuit, du gazogène qui a fait ses preuves avec la machine à vapeur : production de gaz qui servirait à chauffer quelques-unes des chaudières actuellement existantes.

Une telle solution n'exposerait à aucun mécompte : elle assurerait la destruction des boues; elle donnerait même au besoin satisfaction à l'agriculture; elle serait en effet un acheminement vers la solution complète utilisant le carbone et l'azote, vers le problème de la récupération des matières ammoniacales et azotées que le système du tout à l'égout rend plus difficile.

Quelques expériences récentes sur l'utilisation et le traitement des boues des eaux d'égout (1).

Le traitement des boues qui doit se faire parallèlement à l'épuration des eaux d'égout ne donne pas encore, le plus souvent, des résultats satisfaisants.

Il est établi qu'en règle générale, lorsqu'on peut disposer de terres cultivées de composition convenable, la boue est enfouie dans la terre qui est remise en culture par intermittence. La boue peut être aussi pressée après addition de quantités variables de chaux, de façon à réduire le volume à 20 0/0. Bien que contenant encore 50 pour 100 d'eau, elle est facilement manipulée et employée comme engrais dont la valeur est augmentée par la présence de chaux. Dans ces conditions les fermiers la prennent soit gratuitement, soit à un prix très bas, nullement rémunérateur. Dans quelques villes la boue pressée est séchée et pulvérisée : elle est alors vendue sous des noms de fantaisie comme engrais; toutefois, il est très

(1) *San. Record*, 5 Avril 1910, p. 304 (d'après A. H. Valentine).

problématique que ce système puisse être adopté d'une façon générale. A *Londres* et à *Manchester*, on transporte les boues dans des bateaux citernes qui sont déchargés au large dans la mer, mais en grande majorité les villes sont beaucoup moins heureusement situées.

Pendant ces 20 dernières années on a entrepris des expériences dont le but était d'extraire, par dissolution ou distillation, les matières grasses contenues dans les boues. On peut citer par exemple, les procédés Delattre, Vial, celui employé à *Cassel*, et récemment celui de Spence qui ressemble au précédent. Dans ce dernier les eaux d'égout sont additionnées d'acide sulfurique pour les rendre nettement acides. Les acides gras ainsi séparés se précipitent avec les boues. Ces boues, criblées, puis de nouveau acidifiées par l'acide sulfurique, sont chauffées et enfin passées à chaud au filtre-presse. On obtient ainsi des tourteaux, contenant 28 à 50 0/0 d'eau, qui sont pulvérisés et traités dans un extracteur par le benzol ou l'éther de pétrole. La matière grasse est séparée du dissolvant et le résidu solide dégraissé contenant environ 2 0/0 d'azote et de très petites quantités de potasse et d'acide phosphorique est vendu comme engrais.

Il est extrêmement difficile de dire si le procédé donne des résultats financiers satisfaisants; toutefois c'est un moyen pratique de traiter les boues. Il y a toujours une perte inévitable de benzol, ce qui est le point faible du système; aussi des essais sont-ils entrepris en Allemagne pour y remédier.

On a expérimenté à *Bradford* la distillation par la vapeur surchauffée, et il fut établi qu'on peut extraire ainsi pratiquement toutes les graisses.

L'auteur a recherché si les boues avaient une composition différente suivant le temps, il a trouvé à *Oldham* en 1905 :

	Matières extraites par l'éther ou le benzol de la boue sèche acidifiée.	Matières minérales pour 100.
Temps très pluvieux	11	57
— assez humide.	19,7	47,3
— normal	23,6	45
— assez humide (à l'exclusion des pluies d'orage)	22	47

Il est à remarquer que les eaux de pluie entraînent beaucoup de matières minérales ; aussi leur traitement séparé permettrait d'obtenir des boues d'eaux d'égout contenant plus de matières organiques et par suite plus de graisses.

L'auteur a essayé au laboratoire de combiner les deux procédés, c'est-à-dire de traiter la boue sèche acidifiée par la vapeur surchauffée. Il a obtenu une extraction de graisses de bonne qualité, de couleur blanc gris n'ayant que peu ou pas d'odeur. A une température variant de 160 à 170° C, la graisse commence à surnager et forme une masse extrêmement volumineuse, d'aspect neigeux. L'addition d'acide produit probablement la désintégration des matières albuminoïdes qui enveloppent les fines particules de graisses. Le liquide gras acide se solidifie, en se refroidissant, en une masse compacte dont le pourcentage de composés saponifiables est de 88 à 97,5 d'une valeur de 300 à 500 francs la tonne. Comme on peut obtenir 7 à 11 pour 100 de graisses de la boue sèche (proportion variable suivant les provenances), l'auteur pense que, en modifiant les bassins de décantation, on pourrait retirer des bénéfices du traitement des boues.

Le résidu, très faible, brûle facilement. Comme il contient de 1,7 à 3 pour 100 d'azote, sa valeur comme engrais peut être évaluée de 25 à 45 francs la tonne. La quantité d'azote dépendant, comme il a été dit, du temps, il est donc indispensable pour obtenir une proportion convenable d'exclure les eaux de pluie.

Les essais de l'emploi des boues dégraissées pour les cultures de choux, carottes, betteraves et pommes de terre, ont été effectués en mélangeant l'engrais à la terre, lorsque les végétaux en étaient sortis, en quantités correspondantes à celles des autres engrais artificiels. Les résultats, comparés à ceux obtenus sur des sols non additionnés de cet engrais, ont été très favorables : pour les carottes on obtint un accroissement de poids de 15 ponr 100, pour les betteraves 25 pour 100 et pour les pommes de terre 18 pour 100 ; les choux étaient plus serrés et plus gros. Bien que ces résultats soient encourageants, il semble que l'azote n'est pas sous une forme complètement utilisable. Il est probable qu'on aurait grand avantage à mélanger ces boues avec des scories ou autres

composés phosphatés, de la potasse et aussi du sulfate d'ammoniaque pour en faire un engrais complet.

Les boues contenant une grande proportion de composés carbonés et hydrogénés, il semble qu'on puisse en obtenir des gaz combustibles. Les procédés employés pour la fabrication du gaz d'éclairage ne pouvant être utilisés, il n'est pas douteux que les appareils pour la production du gaz à l'eau, ou de préférence le type semi-eau, donneraient des résultats. Des expériences dans ce sens ont été très satisfaisantes. On peut donc concevoir une installation complète dans laquelle les boues seront séchées, puis dégraissées et enfin traitées pour produire des gaz pour moteurs. Dans ce dernier cas, il sera peut-être possible de récupérer au moins une partie de l'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque comme dans les usines à gaz.

L'utilisation des boues [1].

La question de l'utilisation des boues a été étudiée d'une façon très intéressante par Hönig dans les essais qu'il a effectués sur les eaux résiduaires de la ville de *Brünn*. Brünn est une ville de 160 000 habitants, très industrielle, et ses eaux d'égout sont constituées par un mélange d'eaux ménagères avec une grande quantité d'eaux de filatures, de tissages, de teintureries, etc. Leur volume atteint environ 25 000 mètres cubes par vingt-quatre heures, soit 144 litres par tête, et comme la consommation d'eau par habitant n'atteint que 80 litres en moyenne, on voit que ces eaux d'égout contiennent une forte proportion d'eaux industrielles. L'étude de la composition chimique de ces eaux, poursuivie pendant deux ans et demi sur plus de 700 échantillons, a donné en moyenne les résultats suivants :

	Grammes.
Matières en suspension par litre	1,6815
Cendres pour 100 de matières sèches	41,76
Matières grasses —	3,96
Azote —	2,82

[1] *Gesundheits-Ingenieur*, 33e année, 1910, nos 1 et 2, p. 11 et 25 (d'après Hönig).

Ces eaux sont donc riches en boues, d'une teneur normale en cendres et en azote, faible en matières grasses.

L'auteur a soumis en outre 75 échantillons de ces boues à l'analyse élémentaire pour déterminer la valeur calorifique de ces boues et leur teneur en éléments fertilisants pour l'agriculture. Les résultats moyens ont été les suivants :

Carbone, pour 100	31,04
Hydrogène. —	3,95
Azote —	2,87
Oxygène —	20,73
Cendres —	41,41
Acide phosphorique pour 100	1,63
Potasse »	0,42
Valeur calorifique en calories	2908 cal.

On voit que la boue renferme en moyenne 58,59 0/0 de matières combustibles dont la composition élémentaire est la suivante :

Carbone pour 100	52,97
Hydrogène —	6,74
Azote —	4,89
Oxygène —	35,40
Valeur calorifique	4963 cal.

Cette composition se rapproche beaucoup de celle de la tourbe, à part le taux d'azote qui est ici environ quatre fois plus élevé, et qui semble pouvoir justifier, comme nous le verrons plus loin, une extraction sous la forme d'ammoniaque.

Sous le rapport de la valeur comme engrais, il importe de remarquer qu'il est facile d'obtenir des boues renfermant 25 pour 100 de matières sèches : dans ces conditions, leur composition chimique, comparée à celle du fumier fermenté, est la suivante :

	Boues. —	Fumier fermenté. —
Eau pour 100	75	75
Azote —	0,71	0,50
Acide phosphorique pour 100	0,41	0,25
Potasse —	0,10	0,63
Cendres —	10,35	4,76
Matières organiques —	14,65	20,24

On voit que si ces boues ont une valeur supérieure à celle du fumier sous le rapport de la teneur en azote et en acide phosphorique, elles ont une valeur bien inférieure sous le rapport de la potasse et surtout des matières organiques : elles donneront par suite moins de matières humiques dont l'action sur les propriétés physiques du sol est si favorable et leur prix ne peut donc atteindre celui du fumier, malgré leur richesse plus grande en azote et en acide phosphorique, d'autant plus qu'elles ne peuvent être utilisées que dans le voisinage immédiat.

L'utilisation agricole étant forcément réduite, il y a lieu d'examiner la question au point de vue de l'utilisation des boues à la fois comme combustible et comme source d'ammoniaque par les matières azotées qu'elles renferment, car il est facile de calculer que la simple utilisation comme combustible, sans récupération de l'azote, n'est pas avantageuse : tous les essais entrepris dans cette voie, ont conduit à de mauvais résultats au point de vue économique.

La première question à résoudre est la dessiccation rapide des boues, pour éviter toute perte en matières organiques. Les boues fraîches renferment en moyenne, à Brünn, 99 pour 100 d'eau et 1 pour 100 de matière sèche. Les essais de l'auteur ont montré que pour obtenir une sédimentation rapide, il faut opérer sous aspiration faible, correspondant à environ 15 centimètres d'eau. Par sédimentation simple, on obtient au bout de trois à quatre heures une boue à 2-2, 5 pour 100, et au bout de dix-huit heures une boue à 5 pour 100 de matières sèches, tandis que par sédimentation sous faible aspiration on obtient au bout de trois à quatre heures une boue à 3 ou 4 pour 100 de matière sèche. Ces essais ont montré en outre que, si l'aspiration permet d'avoir rapidement des boues à 3-4 pour 100 de matière sèche, il faut ensuite beaucoup de temps pour élever la teneur en matière sèche au delà de ce chiffre : il est donc nécessaire d'avoir recours à d'autres moyens pour extraire l'eau de ces boues, et ces moyens doivent être, autant que possible, purement mécaniques, continus, et entraîner une faible dépense de main-d'œuvre et de force motrice pour que la question puisse recevoir une solution économique. Les méthodes essayées jusqu'ici dans ce but n'ont

guère donné satisfaction. Le procédé Degener au charbon entraîne une augmentation trop considérable du volume des boues et des frais trop élevés. D'après Reichle et Dost (1), on emploie par ce procédé, à *Oberschonsweide*, pour $0^{kg},352$ de boues, $0^{kg},562$ de charbon et $0^{kg},086$ de sulfate d'alumine. D'après Schury et Bujard (2) on emploie à *Tegel* pour $0^{kg},657$ de boues, $2^{kg},5$ à 3 kilogrammes de tourbe et $0^{kg},25$ à $0^{kg},50$ de sulfate d'alumine et de fer. Dans les essais effectués à *Brünn*, il a fallu ajouter à la boue son propre poids de charbon pour obtenir une masse qui puisse être pressée. La méthode est donc coûteuse, le volume de boues à traiter est considérablement augmenté, les dépenses de main-d'œuvre sont fortes : cette solution est donc inapplicable.

La centrifugation des boues par l'appareil Schafer ter Meer, dont nous avons parlé dans un de nos précédents volumes (3) ne résout pas non plus le problème d'une façon satisfaisante. D'après Reichle et Thiesing (4) cet appareil travaille à *Harburg* d'une façon tout à fait continue et automatique, sans main-d'œuvre, et livre une boue très concentrée et ferme, mais il ne permet pas d'obtenir la totalité des boues, dont 40 pour 100 environ s'échappent de l'appareil avec les eaux de centrifugation. On perd ainsi plus de la moitié des matières organiques et seulement un tiers des matières minérales qui sont pour nous les moins intéressantes ; et il est en outre nécessaire de soumettre à un traitement d'épuration complet les eaux très chargées de boues qui s'échappent de l'appareil.

L'auteur a donc été conduit à rechercher un autre procédé qui ne présente pas les inconvénients des presses et des turbines. L'appareil construit dans ce but par F. Abt et breveté, consiste en un tambour tournant formé de deux parties réunies au centre par des vis. Chaque moitié du tambour est munie, sur toute sa circonférence, de compartiments qui s'étendent sur toute sa longueur et qui sont fermés extérieurement par une tôle percée de trous étroits et recouverte d'une toile filtrante. La surface du tambour, ainsi constituée,

(1) *Mitteil. der kgl. Prüfungsanst.* Cah. 8, 1907, p. 165.
(2) *Mitteil. der kgl. Prüfungsanst.* Cah. 8, 1907, p. 144.
(3) Voir vol. IV, p. 65.
(4) *Mitteil. der kgl. Prüfungsanst.* Cah. 10, 1908.

forme la surface filtrante qui peut être placée sous vide partiel. Chaque compartiment est en communication, vers le centre du tambour, avec une chambre commune d'aspiration. Dans la première moitié de l'axe perforé du tambour passe un tuyau qui se rend d'un côté au point le plus bas de la chambre d'aspiration et qui est en communication de l'autre côté avec une pompe à air qui fait le vide dans les compartiments et élimine en même temps l'eau aspirée dans la chambre. Dans la deuxième moitié de l'axe se trouve un tuyau qui permet d'envoyer de l'air comprimé dans chaque compartiment. Le tambour travaille plongé jusqu'à moitié dans les boues à traiter; il est animé d'un mouvement lent de rotation. On fait le vide dans la chambre d'aspiration; les boues sont aspirées et viennent former une fine couche sur la surface filtrante du tambour; par suite de la rotation continue, elles se trouvent bientôt au dehors et perdent de plus en plus d'eau jusqu'à ce qu'un dispositif spécial arrête l'aspiration dans chaque compartiment et la remplace par une pression d'air comprimé. Cette pression projette sur un transporteur mécanique la mince couche de boues qui adhère à la partie externe du compartiment. La boue est ainsi détachée mécaniquement sans aucune main-d'œuvre et la paroi filtrante se trouve ainsi parfaitement débouchée de l'intérieur vers l'extérieur.

Ce dispositif est expérimenté depuis un an à *Brünn*; la surface filtrante du tambour est de $1^{m^2},90$; sa vitesse de rotation est d'un tour en huit minutes. Dans ces conditions, on a pu obtenir par heure et par mètre carré de surface filtrante $33^{kg},3$ de boues à 22,5 pour 100 de matière sèche, provenant d'une boue décantée à 3 ou 4 pour 100 de matière sèche. L'aspiration n'a pas dépassé 400 millimètres de vide, l'air comprimé 1 kilogramme à $1^{kg},5$ de pression. La boue aspirée sur le tambour y forme une couche de 2 à 3 millimètres d'épaisseur; au moment de la séparation par l'air comprimé, elle a l'aspect de fines lamelles qui se détachent très facilement. Les essais poursuivis pendant un an avec cet appareil ont montré qu'on peut, par cette méthode, obtenir des boues à 28/30 pour 100 de matière sèche, d'une façon continue, par voie purement mécanique et sans grosses dépenses de force motrice. Les résultats sont encore meilleurs quand on soumet

la boue à une sorte de filtration préalable pour l'amener à 8/10 pour 100 de matière sèche avant de la traiter dans le

Premier Essai.

DATE	POIDS en KG.	DURÉE de la DISTILLATION en HEURES	RENDEMENT EN GAZ		COMPOSITION DU GAZ INCOMPLÈTEMENT PURIFIÉ En volumes pour 100						
			En mc.	Pour 100	CO^2	C^nH^{2n}	CH^4	CO	H	O	Az.
12 fév. 1907	48	2 1/4	10,9	22,8	20,4	10.6	18,2	11,6	29,4	0,4	9,4
—	46	2 3/4	9,0	19.5	19,5	3,8	15,7	11,7	36,5	1,9	10,9
—	44	2 1/2	10,5	23,9	13,5	2,5	18,0	14,5	41,7	0,2	9,7
—	45	2	11,6	25,8	3,0	0,4	13,2	24,5	49,5	0,4	9.0
—	48	2 1/2	11,2	23,3	—	—	—	—	—	—	—
—	41,5	2 1/2	10,0	24,1	—	—	—	—	—	—	—
Moyenne.	45,4	2 1/2	10,5	23,2	14,1	4,3	16,1	15,6	39,3	0,7	9,8

Rendement moyen en coke, en kilogrammes 28,8
» » pour 100 de boues 63,5

Deuxième Essai.

DATE	POIDS en KG.	DURÉE de la DISTILLATION en HEURES	RENDEMENT EN GAZ		RENDEMENT EN COKE		COMPOSITION DU GAZ INCOMPLÈTEMENT PURIFIÉ En volumes pour 100						
			En mc.	P. 100	En kg.	P. 100	CO^2	C^nH^{2n}	CH^4	CO	H	O	Az.
25 fév. 1908	56	2 1/2	14,5	26,1	27,0	48,2	24,8	14,0	23,1	8,8	20,8	1,2	7,3
—	56	2 1/2	12,5	22,3	28,5	51,0	23,0	13,3	19,8	10,4	26,9	0,8	5,6
—	56	2 1/2	14,1	25,2	33,5	60,0	16,2	8,2	23,4	8,1	35,8	0,7	7,6
—	56	2 1/2	13,3	23,8	29,5	52,7	16,3	4,6	19,4	12.6	39,4	0,9	6,8
26 —	56	2 1/2	12,6	22,5	27,0	48,2	13,9	3,6	21,8	14,9	39.9	0.3	5,6
—	56	2 1/2	12,2	21,8	28,5	51,0	4,7	0,9	18,1	12,0	44,8	0,5	7,1
—	56	2 1/2	10,5	18,8	31,0	55,3	6,3	0,2	16,8	20,8	46,7	0,9	8,2
—	56	2 1/2	10,8	19,3	29,5	52,7	—	—	—	—	—	—	—
Moyenne.	56	2 1/2	12,6	22,5	29,3	52,4	15,0	6,4	20,3	12,5	36,3	0,7	6,9

tambour. Le travail s'effectue alors de la façon suivante : les boues des décanteurs, contenant environ 1 pour 100 de matière sèche, sont abandonnées d'une façon continue à la sédimentation sous faible aspiration de 15 centimètres d'eau,

pendant trois à quatre heures, afin d'élever la teneur en matière sèche à 3 ou 4 pour 100. La filtration qui lui succède permet d'obtenir une boue à 8/10 pour 100 de matière sèche, et le traitement de cette boue au tambour filtrant livre une boue à 28/30 pour 100 de matière sèche, après une durée totale de travail de douze à quinze heures. Cette dernière boue est ferme et se transporte facilement.

Si l'on veut l'utiliser comme combustible et comme source d'ammoniaque, il faut alors procéder à une dessiccation plus complète par la chaleur. Les essais d'utilisation des boues comme combustible sont nombreux, mais ils ont toujours porté non pas sur les boues seules, mais sur des mélanges de boues et d'autres matières combustibles, et bien que les conditions d'utilisation soient ainsi améliorées, les résultats n'en ont jamais été bien satisfaisants. Pour pouvoir arriver à une solution économique, il faut y joindre la récupération de l'azote sous forme d'ammoniaque. Des essais ont été faits dans ce but, à l'usine à gaz de *Brünn*, sur la distillation sèche des boues. On a utilisé les boues provenant du traitement au tambour filtrant, après dessiccation complémentaire à 5/10 pour 100 d'eau. Les cornues ont été chargées avec 46 à 56 kilogrammes de boues et la distillation sèche était terminée au bout de 2 heures à 2 heures 1/2. Le chargement pourrait être beaucoup plus fort si les boues étaient façonnées au préalable en briquettes. Les résultats obtenus dans deux séries d'essais, l'un fait avec 272^{kg},5 de boues, l'autre avec 448 kilogrammes, sont réunis dans les tableaux suivants :

Composition du coke.

Essai N°	Eau 0/0	C 0/0	H 0/0	O 0/0	Az 0/0	Cendres 0/0	Valeur calorifique calculée en calories.
1	»	26,65	0,62	6,30	0,65	65,78	2263
2	3,73	27,50	0,90	2,47	0,67	65,53	2407

Rendement en ammoniaque.

Essai N°	Quantité de boues travaillées en kg.	Ammoniaque obtenue en kg.	Rendement pour 100 de boue distillée.
1	272,5	1,5366	0,563
2	448,0	4,2917	0,957

On voit qu'on peut obtenir en moyenne, par 100 kilo-

grammes de boues, 22,8 mètres cubes de gaz non purifié qui a les caractères d'un excellent gaz d'éclairage et de chauffage quand on le débarrasse de son acide carbonique. En outre, comme cette gazéification s'est faite dans des appareils défectueux, sans le secours d'un exhausteur, on peut compter que ce rendement est de 20 pour 100 inférieur à la réalité. On obtiendrait donc 27^{m^3},4 de gaz par 100 kilogrammes de boues dans un travail normal. Il est intéressant de comparer ces chiffres avec ceux qui ont été obtenus par Bujard à *Francfort*, en 1902 et 1903 (1), et avec les boues mélangées de tourbe à *Tegel* (2), et réunis dans le tableau suivant :

BOUES PROVENANT DE	RENDEMENT MOYEN par 100 kg.			COMPOSITION DU GAZ INCOMPLÈTEMENT PURIFIÉ en vol. pour 100.							VALEUR CALORIFIQUE calculée en calories.	
	GAZ mc.	COKE 0/0	AzH^3 0/0	CO^2	C^nH^{2n}	CH^4	CO	H	O	Az	GAZ	COKE
Brünn 1907...	25,2	63,5	0,563	14,1	4,3	16,1	15,6	39,5	0,7	9,8	3715	2265
— 1908...	22,5	52,4	0,957	15,0	6,4	20,5	12,5	36,5	0,7	6,9	4077	2107
Francfort 1902.	18,1	46,0	—	15,0	6,8	16,6	21,8	30,8	—	9,0	4078	—
— 1903.	21,0	55,0	—	17,2	4,8	9,8	23,8	40,7	—	3,7	3670	—
Tegel 1907...	26,0	31,4	—	16,2	8,8	15,4	17,4	32,4	—	9,8	4178	—

On voit que ces chiffres sont très voisins les uns des autres, ce qui prouve que les boues ont une composition voisine de celle de la tourbe, puisque les essais de Tegel, qui se rapportent à des boues mélangées avec une grande quantité de tourbe, ont conduit à des chiffres à peu près identiques.

Après purification, le gaz des boues présente, comparé au gaz d'éclairage ordinaire, la composition suivante :

	Composition en volumes pour 100.							Valeur calorifique calculée en calories.
	CO^2	C^nH^{2n}	CH^4	CO	H	O	Az	—
Gaz de boues purifié de 1908......	2,2	7,3	23,3	14,4	41,7	0,8	7,9	4759
Gaz de boues purifié de 1908......	2,2	4,8	18,1	17,5	44,2	0,8	12,0	4122
Gaz purifié ordinaire de l'usine à gaz Brünn......	2,2	3,1	26,8	11,1	50,0	0,6	6,2	4587

(1) *Zeitschrift f. Untersuchung von Wahrungs und Genussmitteln*, 1907, t. II, p. 145.

(2) *Mittell. a. d. Kgl Prüfungsanst*, 1907. Cah. 8, p. 147

On voit que le gaz de boues est un gaz d'éclairage excellent et que sa valeur pour le chauffage est voisine de celle du gaz ordinaire. Naturellement, la purification qui élimine la plus grande partie de l'acide carbonique diminue le rendement en gaz d'environ 15 pour 100, de sorte qu'on obtient finalement par 100 kilogrammes de boues un rendement de $23^{m^3},8$ de gaz d'éclairage et de chauffage purifié.

Les chiffres obtenus pour l'ammoniaque montrent que les boues permettent d'en obtenir trois à quatre fois plus que le charbon dans la fabrication normale du gaz. Comme la quantité de boues sèches peut atteindre à *Brünn* 37 tonnes par jour, on compte un rendement industriel moyen de $0^{kg},75$ d'ammoniaque, d'une valeur de plus de 100 francs.

Le coke resté dans la cornue après distillation représente plus de la moitié de la boue introduite et possède encore un pouvoir calorifique de 2200 à 2400 calories. On le brûle très facilement dans les fours à incinération d'ordures ménagères, et il peut servir par suite à la dessiccation de la boue. On peut réduire aussi de moitié la dépense de calorique nécessaire pour cette dessiccation. En effet, pour amener 100 kilogrammes de boues renfermant 25 pour 100 de matière sèche à l'état de boues à 85 pour 100 de matière sèche, il faut vaporiser 60 kilogrammes d'eau, ce qui exige 37 800 calories. Mais on obtient par 100 kilogrammes de boues à 25 pour 100 de matière sèche environ $14^{kg},5$ de coke dont le pouvoir calorifique moyen est de 2300 calories, ce qui donne 33 350 calories par 100 kilogrammes de boues. En admettant une utilisation de 70 pour 100 seulement, on a donc déjà, par la simple combustion de ce coke 23 300 calories disponibles, soit 61 pour 100 de la quantité nécessaire pour la dessiccation des boues jusqu'à 15 pour 100 d'eau. On peut également utiliser pour cette dessiccation, la chaleur provenant du refroidissement des gaz des foyers de distillation sèche. Cette distillation exigeant 4 kilogrammes de coke par 100 kilogrammes de boues à 25 pour 100 de matière sèche et chaque kilogramme de coke pouvant donner environ 9 mètres cubes de gaz, on peut calculer que si ces gaz possèdent à la sortie une température de 700 degrés, ils peuvent fournir 8120 calories; et si on utilise seulement 70 pour 100 de cette chaleur, on obtient encore

5684 calories, soit environ 15 pour 100 de la quantité nécessaire pour la dessiccation des boues jusqu'à 15 pour 100 d'eau. On peut donc récupérer en tout 76 pour 120 du calorique nécessaire à la dessiccation ; le reste, environ 9000 calories par 100 kilogrammes de boues à 25 pour 100 de matière sèche, devrait être fourni par un combustible quelconque, par exemple par 2 kilogrammes de charbon d'un pouvoir calorifique de 6500 calories et utilisé à 70 pour 100, ce qui constitue en somme une assez faible dépense.

On peut tirer de l'étude qui précède les conclusions suivantes :

1° Les boues des eaux résiduaires de la ville de *Brünn* peuvent être entièrement obtenues mécaniquement, d'une façon continue, sous la forme de lamelles à 25 pour 100 de matière sèche par la sédimentation sous vide faible, la filtration et le traitement au tambour filtrant de Abt;

2° La dessiccation plus complète, jusqu'à 15 pour 100 d'eau, de ces lamelles, peut se faire avec une simple dépense de 2 kilogrammes de charbon par 100 kilogrammes de boues, à condition de récupérer la chaleur des gaz des foyers de distillation sèche et d'utiliser comme combustible le coke provenant de cette distillation des boues;

3° Les boues ainsi desséchées, soumises à la distillation sèche dans des cornues donnent, par 100 kilogrammes, 25 mètres cubes de gaz purifié, de valeur égale au gaz ordinaire pour l'éclairage et le chauffage, et au moins $0^{kg},75$ d'ammoniaque et 52 à 63 kilogrammes de coke.

Cette utilisation semble pouvoir couvrir les frais d'exploitation et fournirait ainsi une solution radicale pour la question des boues. Il serait intéressant d'étendre ces expériences aux boues des villes qui ont de grosses difficultés à se débarrasser de ces résidus.

CHAPITRE XI

LITS BACTÉRIENS

Principes fondamentaux de l'épuration des eaux d'égout (1).

Le premier principe de l'épuration est ce que *Hering* appelle la *surface bactérienne* (bacterial surface). Il est reconnu que l'étendue superficielle d'une couche de 58 millimètres de gravier est seulement environ la moitié de celle d'une égale couche de laitier de même grosseur, et que l'action épurante d'un filtre est directement proportionnelle à ces étendues superficielles. Les valeurs données ne sont que de grossières approximations, mais elles sont suffisantes pour appuyer la proposition de l'auteur. Admettant qu'on peut obtenir l'épuration désirée en prévoyant $46^{m^2},5$ de surface bactérienne par personne et qu'il est souhaité d'employer du coke de rebut et une hauteur de filtre maxima de $1^m,80$, le diamètre moyen des grains pour obtenir l'épuration est environ 50 millimètres.

Le deuxième principe est décrit sous le terme de *liquidité*. L'oxydation ne peut se faire que si la matière organique est sous la forme liquide, peut-être semi-liquide ou colloïdale. Une condition indispensable d'épuration est donc de retenir autant que possible les matières en suspension.

Le troisième principe est une abondante *distribution d'air*. Rideal a calculé que pour nitrifier les eaux d'égout anglaises il faut environ un volume d'eau égal à la moitié de celui de l'eau d'égout. En Amérique le quart du volume serait suffisant

(1) *Eng. News*. Vol. 61-1909, p. 495-585-605 (d'après Rudolph Hering).

en moyenne. Ces nombres sont des minima et il est recommandé d'en fournir un grand excès.

La *longueur du temps de percolation* est à considérer, car il y a une relation entre le temps de passage à travers le filtre et le degré d'épuration obtenue. Ce temps dépend nécessairement du traitement préliminaire de l'eau d'égout et est fonction du taux de distribution et de la grosseur des matériaux. Il est nécessaire d'avoir des renseignements plus nombreux qu'actuellement pour donner le temps nécessaire à l'obtention des différents degrés d'épuration.

Quelques expériences de Clifford en Angleterre indiqueraient qu'un contact d'une centaine de minutes donnerait un bon effluent non putrescible.

L'*effet de la température* ne s'est pas montré nuisible dans le Nord de l'Europe, même pour les sprinklers. Malheureusement il n'en est pas de même dans certaines parties des États-Unis et on doit rechercher si, en enfermant dans des constructions ou en couvrant les lits filtrants, on n'accroîtra pas suffisamment leur efficacité pour compenser les dépenses des dispositifs de protection.

L'auteur étudie en détail les dispositifs de *distribution*. Il compare les becs pulvérisateurs fixes et les sprinklers mécaniques. Il énumère pour les premiers les avantages ; les becs sont faciles à entretenir, moins sensibles à la gelée, ils n'exigent pas de force motrice et donnent une pulvérisation plus fine ; ils s'adaptent plus facilement à la surface irrégulière des lits. Par contre les distributeurs mobiles donnent une distribution plus parfaite. Il résume ces considérations en établissant la formule algébrique :

$$p = bat$$

dans laquelle p représente le degré d'épuration d'un type arbitraire, b la surface bactérienne, a le volume d'eau exigé par pied cube et par jour, t le temps de contact. Si on applique cette formule à trois exemples de villes européennes, on trouve que le degré d'épuration représenté par 216 000 donne un effluent excellent, par 75 000 un effluent seulement bon, et par 17 000 un effluent à peine passable.

Étude comparative sur les lits bactériens à double contact et les lits continus.

Farmer [1] a constaté que, dans le procédé de contact, c'est le volume des matériaux mis en œuvre qui détermine la quantité d'eau qui peut être épurée dans chaque lit. Au contraire, avec les lits percolateurs, il faut prendre comme point de repère la surface du lit. Ces observations sont confirmées par les expériences de l'auteur qui ont montré qu'avec un lit percolateur circulaire, dont la moitié avait une hauteur de 2m,10 (1m,50 de gravier et 0m,60 de morceaux de briques), tandis que l'autre moitié n'avait qu'une hauteur de 1m,20 (0m,15 de gravier et 1m,05 de morceaux de briques), la partie basse du lit fournissait, *par mètre cube de matériaux*, un travail de 75 pour 100 plus élevé que l'autre partie, et avec une meilleure épuration.

Pour comparer le pouvoir épurant des lits de contact et des lits percolateurs, on a utilisé 0,84 hectare de lits de contact, d'un volume total de 9300 mètres cubes de matériaux, et 0,64 hectare de lits percolateurs, d'un volume total de 8900 mètres cubes de matériaux. La hauteur des lits de contact était de 1m,20, celle des lits percolateurs de 1m,50. Au bout de 4 ans de fonctionnement, les lits de contact avaient perdu 62 pour 100 de leur capacité pour l'eau. Les résultats obtenus par Farmer montrent en outre que les lits percolateurs ont épuré en deux ans plus d'eaux d'égout que les lits de contact en quatre ans et qu'après deux ans de fonctionnement, les quantités d'eaux épurées par les lits percolateurs en un temps donné étaient restées les mêmes qu'au début. Il n'y avait donc aucune diminution de la puissance épuratrice. En outre le fonctionnement des lits percolateurs demande moitié moins de main-d'œuvre que celui des lits de contact.

(1) *Surveyor*, 1909. Vol. 35, p. 733 et *Wasser und Abwasser*. Vol. 2, n° 9, p. 382.

Études sur la répartition de l'eau dans les lits bactériens percolateurs [1].

Ces études ont eu pour but de déterminer les directions que prennent latéralement les eaux, à travers un lit percolateur, après avoir été déversées en un point de la surface. Pour trancher cette question, Taylor a disposé sur un sol imperméable un lit bactérien circulaire dont le fond était divisé en dix rigoles concentriques : chacune de ces rigoles portait un tuyau d'évacuation indépendant. La hauteur du lit a varié de $0^m,30$ à $1^m,80$: on pouvait ainsi se rendre compte de la répartition de l'eau aux différentes hauteurs. Le déversement de l'eau s'est fait goutte à goutte au milieu du lit à la dose de $2^{cc},5$, 7 centimètres cubes, 25 centimètres cubes, 65 centimètres cubes et 250 centimètres cubes par minute. Les matières expérimentées ont été le sable à grains de $0^{mm},18$, le gneiss à grains de $18^{mm},30$ et 50 millimètres et le porphyre à grains de 3 millimètres. Les expériences ont donné les résultats suivants : l'eau qui filtre prend une direction plus oblique avec les fins matériaux qu'avec les matériaux grossiers; les courbes de répartition se rapprochent des paraboles. La moitié environ de l'obliquité latérale à atteindre est atteinte après $0^m,30$ de parcours dans un lit de $1^m,80$ de hauteur; après un parcours de $1^m,80$, les lignes de répartition sont sensiblement verticales, sauf avec les matériaux à grains de 3 millimètres où elles sont encore obliques. Les changements dans le volume d'eau déversé à la surface n'amènent aucune modification des courbes avec les fins matériaux : on observe des modifications plus sensibles avec les matériaux grossiers.

L'auteur a entrepris ensuite d'autres essais en effectuant le déversement du liquide sur plusieurs points au lieu d'un seul. Il a pu constater que le liquide se répartit, comme dans les expériences précédentes, jusqu'à ce que les courbes se coupent. Les quantités d'eau qui se rencontrent alors se réunissent et gênent ainsi la répartition régulière de l'eau dans le lit, car

[1] (*Eng. Record*, 1909, vol. 59, p. 510 et *Wasser und Abwasser*. Vol. 2, n° 10. p. 433). (D'après TAYLOR.)

elles s'écoulent plus rapidement à cause de leur masse plus considérable. Ces troubles dans la répartition deviennent très rapidement de plus en plus forts quand on augmente les quantités d'eaux déversées.

Il résulte en général de ces expériences que la répartition de l'eau au fond du lit est souvent plus irrégulière qu'à la surface; qu'il est avantageux de répartir très également l'eau à la surface du lit et enfin qu'un déversement continu et lent est plus favorable à une bonne répartition latérale que des déversements subits en grande quantité.

Nouveaux dispositifs d'épuration biologique [1].

L'auteur signale quelques nouveaux dispositifs d'épuration biologique. Grzineck et Gerlach ont breveté un système d'épuration biologique dans lequel des canalisations d'aspiration sont réparties *au-dessous* du lit bactérien, ce qui permet d'aspirer à volonté le liquide ou l'air régulièrement à travers le filtre. L'aspiration se fait au moyen d'une pompe.

Lucas, de Levallois-Perret (Seine) a fait breveter également un appareil d'épuration constitué par des chambres d'oxydation qui alternent avec des filtres : ces chambres et ces filtres sont superposés en colonne. Les chambres d'oxydation portent sur leurs parois des orifices qui sont réunis avec une cheminée qui traverse tout l'appareil et amène l'air extérieur. Ce dispositif a pour but d'assurer une circulation régulière d'air frais dans la colonne.

W. Hartley a imaginé un nouveau Sprinkler où les obstructions sont rendues beaucoup moins gênantes grâce à la disposition, sur le bras principal, d'un certain nombre de tubes secondaires, placés obliquement sur ce bras et reliés à lui par un robinet. Chacun de ces tubes peut être nettoyé isolément et porte les trous d'écoulement de l'eau.

Enfin Fr. Steinle a fait breveter un système de répartition de l'eau sur les lits bactériens par gouttières longitudinales et

[1] *Wasser und Abwasser.* Vol 2, n° 10, p. 415. (D'après Max Schall).

transversales, dans lesquelles on place des matières fibreuses, telles que l'asbeste ou amiante, qui assurent une répartition toujours régulière.

Nouveaux types de réservoirs à chasses automatiques (fig. 31).

Systèmes A. Degoix (de Lille).

Type N° 1. — Les ingénieurs et les architectes qui utilisent les réservoirs à chasses automatiques, soit pour le nettoyage périodique des égouts, soit pour l'épuration bactérienne, savent tous quelles difficultés de fonctionnement ces appareils présentent quand l'eau qu'il s'agit d'emmagasiner pour la chasse n'a qu'un très faible débit. Ces eaux s'écoulent au fur et à mesure de leur arrivée, en glissant le long des parois, sans provoquer l'amorçage du siphon et par suite, sans obtenir le but que l'on voulait atteindre.

L'appareil dont nous représentons le schéma ci-joint n'a pas cet inconvénient. Il fonctionne invariablement et sûrement quand le niveau d'eau dans le réservoir a atteint la hauteur fixée; l'importance du débit d'emplissage n'ayant plus aucune action sur l'amorçage du siphon et par suite sur le fonctionnement de la chasse.

Ces réservoirs, installés en plusieurs endroits, n'ont jamais occasionné aucun mécompte. Il en existe de toutes dimensions, jusqu'à un débit de chasse de 15 à 20 mètres cubes par minute.

Type N°s 2 et 3. — Dans les types 2 et 3 on obtient également la dépression dans le tube central, mais non plus à l'aide d'un flotteur.

Un petit tuyau de trop-plein a été fixé sur le réservoir, à la hauteur précise où doit partir la chasse.

Quand les eaux ont atteint ce niveau, elles s'écoulent par le trop-plein et remplissent un godet à déversement qui, en basculant, entraîne la dépression désirée. Le godet revient ensuite à sa position primitive.

Ces deux derniers types s'appliquent de préférence aux réservoirs de grandes dimensions avec de faibles débits.

Fonctionnement. — Pendant l'emplissage du réservoir de chasse *e*, l'eau s'élève en même temps dans ce réservoir et dans l'intervalle compris entre la cloche *J* et le tube central

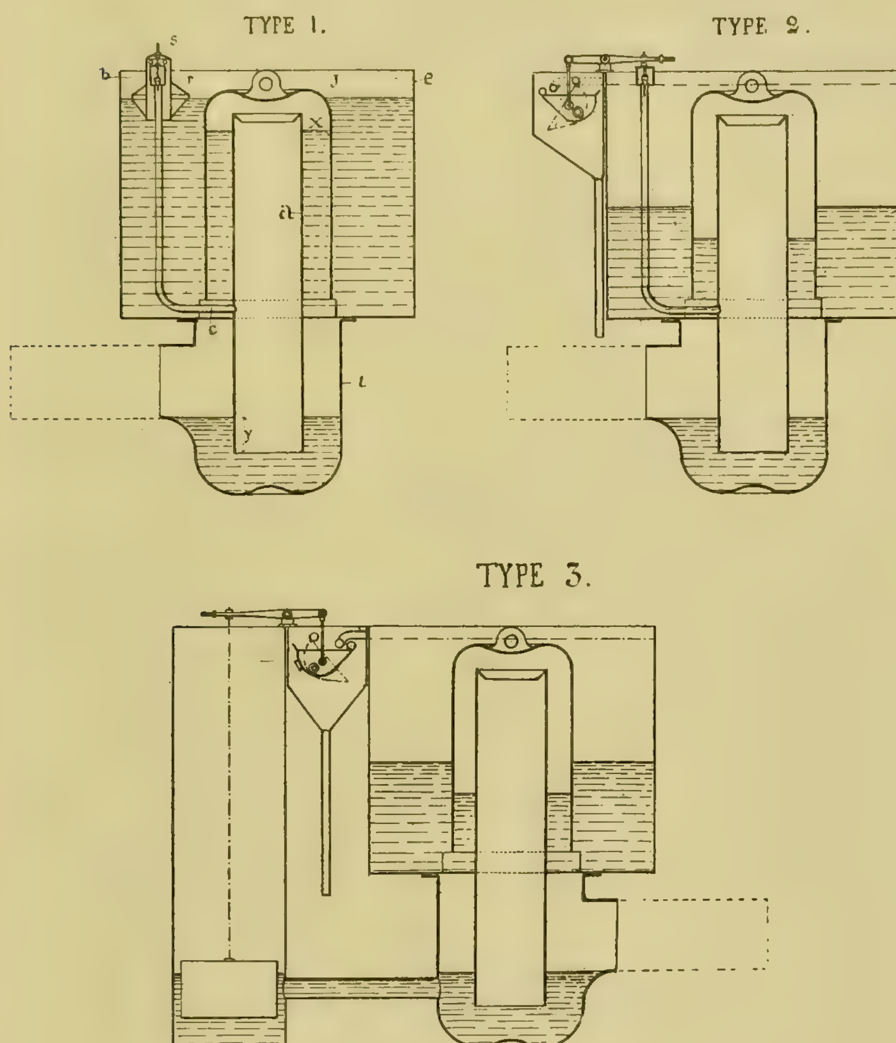


Fig. 51. — Réservoirs à chasses automatiques, système Degoix.

a en conservant toujours une différence de niveau égale à la plongée *y* dans le siphon inférieur, et cette plongée *y* représente en eau la compression de l'air dans l'intérieur du tube central.

Ceci dit, on comprend que si, au moment où le niveau d'eau *x* va se rapprocher du niveau supérieur du tube central, on diminue la pression d'air intérieure qui, jusqu'alors, était égale

à y, le niveau x va s'élever brusquement et les eaux vont s'écouler abondamment dans l'intérieur du tube central, quand bien même le débit d'arrivée ne se ferait que goutte à goutte, le siphon sera infailliblement amorcé.

Ce résultat est obtenu dans le type n° 1 par une soupape à air qui s'ouvre sous l'action d'un flotteur quand, dans le réservoir, l'eau a atteint le niveau fixé.

CHAPITRE XII

ÉPANDAGE. — VALEUR AGRICOLE DES EAUX D'ÉGOUT

Quelques considérations sur l'emploi et la valeur en agriculture des eaux d'égout [1].

Les eaux d'égout renferment principalement les déchets de l'alimentation rejetés avec les fèces et les urines humaines; le but à atteindre est de les épurer sans nuisance et avec le plus grand avantage possible. La plus grande partie de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse des aliments peut être utilisée en irrigation terrienne; mais dans les villes où la population est très dense, les eaux d'égout ont une composition très différente de celle indiquée plus haut et contiennent des produits autres que ceux qui peuvent servir d'engrais. Il s'y joint aussi des savons, des graisses, des eaux de lavage et des eaux résiduaires industrielles. Toutes ces matières étrangères de peu de valeur agriculturale réduisent de beaucoup la valeur pratique des excreta. Les eaux d'égout peuvent être considérées comme du fumier de ferme, excepté que, dans ce dernier, les excreta sont dilués dans la paille qui n'est pas tout à fait sans valeur comme engrais, tandis que dans l'eau d'égout la dilution est considérablement plus grande, avec un liquide qui présente quelques avantages au point de vue physique largement contre-balancés par des inconvénients dans l'emploi.

(1) *Sanit. Rec.*, 21 et 28 juillet 1910, pages 57 et 75. (D'après VOELCKER.)

Les excreta solides représentent la partie des aliments la moins digérée, celle qui a été la moins transformée, contenant l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie et la silice, avec comparativement peu d'azote sous une forme difficilement assimilable. La partie liquide renferme tous les sels alcalins et des composés azotés organiques capables de donner très facilement de l'ammoniaque.

Les produits utiles à l'agriculture sont : l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, un peu la chaux et, au point de vue physique, l'eau. Les graisses, savons, etc., n'ont pas de valeur, mais agissent cependant en retardant les décompositions de façon à rendre utilisables les autres composés organiques. La cellulose est pratiquement sans valeur, de même la silice, l'alumine, l'oxyde de fer, la magnésie, la soude ; de plus ils peuvent être, comme le chlorure de sodium, nuisibles.

Dans les eaux d'égout l'azote se trouve sous une infinité de formes depuis les plus simples, azote gazeux, jusqu'aux plus compliquées ; l'acide phosphorique en composition soluble avec la potasse ou la soude, ou insoluble avec la chaux ou la magnésie ; la potasse se présente surtout dans les sels solubles.

Les matières carbonées ne sont pas sans importance : elles changent la nature physique du sol, le rendent plus meuble et concourent à la formation de l'humus.

La valeur totale des excreta d'un homme est par an de 13 fr. 10.

Si toutes ces matières pouvaient être utilisées directement, il y aurait peu de pertes ; mais on sait que les matières organiques azotées solubles ou insolubles doivent être transformées pour pouvoir être assimilées par les plantes. Jusqu'à ces derniers temps on croyait que seuls les nitrates étaient assimilables. Les travaux de Russell et Hutchinson ont montré que lorsque les conditions excluent la nitrification, les plantes sont capables d'utiliser les sels ammoniacaux. Néanmoins, c'est principalement sous la forme de nitrates que les plantes absorbent l'azote et tous les efforts doivent tendre à obtenir une nitrification active, pour laquelle il faut la présence d'une base, la chaux, une température convenable et une bonne aération. Il faut mentionner aussi la dénitrification pendant

laquelle les nitrates formés sont décomposés le plus souvent avec dégagement d'azote gazeux.

Les matières organiques carbonées non azotées donnent de l'acide carbonique qui peut être utile en désorganisant le sol et en libérant certains facteurs de fertilité de leurs composés plus insolubles. La même action est produite par l'eau, surtout conjointement avec l'acide carbonique dissous.

Les plantes semblent pouvoir assimiler directement les composés minéraux de l'eau d'égout; mais il est nécessaire que ces composés puissent être retenus dans le sol jusqu'au moment de l'emploi. Les phosphates solubles, lorsque le drainage n'est pas excessif, sont fixés par les composés de fer et d'alumine du sol où les racines des plantes peuvent les trouver; il en est de même pour la potasse.

Connaissant les composés utiles à l'agriculture qu'on peut rencontrer dans les eaux d'égout, il y a lieu de considérer les transformations qui s'accomplissent dans ces eaux par leur irrigation sur le sol. Si l'on employait la méthode chinoise d'utiliser les excreta en les recueillant séparément et en les déversant sur le sol, on subirait le minimum de perte pour le plus grand profit des cultures; mais cette pratique n'est plus en usage dans nos pays et même le Earth-closet (cabinet à terre) ne peut être pris en considération. On a adopté le tout à l'égout, et ce sont les eaux qu'il produit dont il est question dans ce travail.

La plus grande difficulté provient de l'eau qui en forme la majeure partie. L'eau dilue d'abord d'une façon considérable les principes fertilisants : ainsi l'azote se trouve dans la proportion de 22 milligrammes par litre, l'acide phosphorique 15 et la potasse 9 milligrammes par litre. Le déversement d'un si grand volume de liquide sur le sol amène l'entraînement d'une grande quantité de composés solubles que le sol est incapable de retenir et qui seront perdus dans l'eau de drainage. Cette perte dépend de la nature du sol et de la surface de terre utilisable pour l'irrigation. L'azote dans l'eau d'égout brute est rarement à l'état de nitrates, directement assimilables par les plantes, mais doit subir la nitrification. Cette transformation dépend de différentes conditions : température convenable, aération abondante, présence de base comme la

chaux. La terre qui subit une irrigation continuelle se refroidit et l'aération est de beaucoup diminuée quand le sol est saturé, circonstances défavorables à la nitrification qui est la plus active jusqu'à 40 centimètres de la surface. Après les périodes de repos, l'irrigation de grands volumes d'eau produit le lavage des terres et l'enlèvement des nitrates formés que l'on retrouve toujours en fortes proportions dans l'eau de drainage. De plus la nitrification est très peu active pendant les mois d'hiver et les plantes sont à cette époque peu capables d'assimiler les composés azotés de l'eau d'égout. Lorsqu'il n'y a pas de culture, le sol se transforme à peu près en milieu filtrant et ne retient qu'une très petite partie des principes fertilisants. S'il est submergé il s'y produit plutôt de la dénitrification.

Lorsqu'il y a des cultures et que les conditions leur sont raisonnablement favorables, la perte est moindre, mais leur choix doit être restreint aux plantes succulentes : betteraves, choux, ray-grass, poussant très rapidement et par suite assimilant aussitôt les composés solubles qui leur sont offerts. De même dans les prairies les racines abondantes des herbes gardent l'engrais beaucoup plus complètement que les terres arables. D'un autre côté, le départ de la végétation de l'herbe étant au printemps, c'est principalement à ce moment qu'il y a un réel bénéfice et moins de pertes.

Lorsque l'eau d'égout est irriguée sans traitement préalable, les matières grasses et savonneuses s'accumulent à la surface du sol qu'elles rendent imperméable ; la culture est alors mauvaise et on doit laisser reposer la terre et la labourer pour briser cette croûte. Ce colmatage empêche non seulement la pénétration de l'eau dans le sol, mais aussi la nitrification. Ce même effet est produit par l'irrigation continuelle des eaux résiduaires de brasserie. Certaines eaux résiduaires industrielles acides ont aussi le plus mauvais effet sur les bactéries du sol ; de même pour les effluents de certains traitements chimiques qui retardent la décomposition des produits organiques.

La nature du sol influe considérablement sur l'emploi des eaux d'égout pour l'irrigation. Tandis que les sols argileux ou tourbeux ne peuvent convenir, d'autres sont tout à

fait désignés pour cette utilisation : tels sont les sols formés d'un mélange de sable et d'argile, ou de sable seul. Ces derniers cependant retiennent mal les principes fertilisants et ne donnent pas de bonnes récoltes, mais agissent plutôt comme filtres. Pour l'utilisation terrienne il faut espacer les irrigations de façon à éviter la stagnation et par suite l'arrêt des phénomènes naturels qui aboutissent à la destruction de la matière organique.

On évite le colmatage qui résulte de l'irrigation de l'eau d'égout brute par un traitement chimique préalable qui élimine les matières en suspension et celles qui sont capables de se précipiter. La valeur agriculturale de l'eau d'égout est alors considérablement réduite, car les phosphates et les matières azotées complexes telles que les protéines sont éliminés; seuls les amides et les sels ammoniacaux restent dans le liquide. Une autre difficulté survient alors, c'est celle du traitement des boues. On les a enfouies dans la terre, ou on les a pressées en tourteaux à utiliser comme engrais, mais ces méthodes n'ont pas donné réellement satisfaction. La boue humide incorporée au sol reste longtemps inaltérée et agglomère la terre, rendant ainsi le drainage difficile et la culture peu satisfaisante. Les fosses septiques diminuent le volume des boues, mais ne les suppriment pas. L'auteur pense que le procédé proposé par Dibdin, les lits d'ardoise, est le meilleur; il réduit au minimum la boue qui, par suite des transformations bactériennes qu'elle a subies, est presque inodore; le traitement de la boue ne présente alors aucune difficulté.

L'auteur pense que la valeur comme engrais de l'eau d'égout, qu'elle soit appliquée brute ou débarrassée des matières en suspension, ou des boues d'égout, est très petite. Théoriquement on peut dire qu'on subit une grande perte en rejetant des résidus comprenant une grande proportion de la nourriture humaine qui devrait retourner à la terre pour fournir des récoltes, d'autant plus qu'on dépense des sommes considérables pour l'achat d'engrais. Mais ces considérations théoriques ont rencontré les exigences de la vie moderne et ceci a été établi par la Commission Royale dans son 5e rapport, où il est dit que les résultats culturaux de l'irrigation

doivent être considérés comme d'importance secondaire.

Des expériences récentes faites avec des boues préparées par différents procédés ont montré que leur valeur comme engrais avait été beaucoup exagérée et que la meilleure ne valait pas plus de 12 fr. 50 la tonne. L'azote contenu dans les boues n'est pas facilement utilisable comme engrais artificiel; aussi la richesse en azote ne peut pas être considérée pour comparer leur valeur. Leur siccité n'est pas non plus à désirer : les boues qui ont donné les meilleurs résultats étaient celles qui contenaient le plus de chaux, le plus d'humidité et le moins d'azote. Sans doute, dans les terres fortes ou celles contenant peu de matières végétales, la boue peut être utile par son action mécanique sur le sol en en changeant les propriétés physiques; mais il est clair que les bénéfices comme engrais, aussi bien que ceux que l'on peut tirer de l'eau d'égout elle-même, en ont été estimés considérablement trop forts(1).

L'utilisation agricole des eaux d'égout et l'hygiène alimentaire(2).

Les travaux de Wurtz et Bourges ayant montré que les végétaux étaient capables de véhiculer à leur surface les germes bactériens contenus dans le sol, le Comité Consultatif d'hygiène de France a prohibé, en 1902, la culture dans les champs d'épandage des légumes et des fruits poussant à ras de terre et destinés à être mangés crus.

MM. Remlinger et Nouri ont repris ces expériences en s'efforçant de se rapprocher le plus possible des conditions de la pratique.

Leur première conclusion, conforme à celle de Grancher, est que les microbes ne pénètrent pas à l'intérieur des plantes même en se mettant dans les conditions les plus favorables à cette pénétration.

Leur deuxième conclusion, conforme aussi à celle de Wurtz et Bourges, est que certains microorganismes peuvent être

(1) Ce travail, résumé sans aucune appréciation du traducteur, tire son importance de l'autorité du Dr Voelcker, chimiste conseil de la Société royale d'agriculture d'Angleterre.
(2) *L'Hygiène générale et appliquée*, 1910, p. 421.

entraînés au cours de la croissance le long des tiges et sur les feuilles. Cependant, cet entraînement s'observe surtout dans les expériences de laboratoire qui s'écartent sensiblement de la pratique. Il ne s'observe plus dès qu'on se rapproche des conditions réalisées lors d'un épandage rationnel. Il s'en suit qu'il ne faut nullement exagérer le danger de cet épandage pour le consommateur. Ces auteurs n'y ont jamais pu retrouver le bacille typhique et le vibrion cholérique. Les seuls microbes susceptibles d'être rencontrés à la surface des végétaux seraient, dans les conditions les plus favorables à l'entraînement, le bacille tuberculeux et, dans les conditions réalisées dans la nature, les germes très résistants : le bacille du charbon, le bacille tétanique. Mais le bacille charbonneux est très rare dans les eaux d'égout et l'ingestion du bacille tétanique est inoffensive.

Nous ne partageons pas l'optimisme de MM. Remlinger et Nouri, car en admettant que les germes pathogènes contenus dans le sol ne soient jamais entraînés sur les tiges et les feuilles par leur croissance, les végétaux peuvent être souillés directement par leurs racines et par projection de terre délayée par les pluies abondantes ou torrentielles sur les tiges, feuilles et fruits. Ces projections sont tellement fréquentes que, dans les cultures de fraisiers, soignées d'une façon toute spéciale, on a coutume de couvrir entièrement le sol d'une couche épaisse de paille, de façon à isoler complètement les fruits de la terre.

Nous pensons donc que la prescription du Comité Consultatif d'hygiène de France doit être maintenue et appliquée avec la plus grande rigueur.

L'assainissement de la Seine et les champs d'épandage de la Ville de Paris.

Cette étude concerne la contamination de la Seine par les égouts des diverses origines, au droit de la région parisienne, et l'aménagement rationnel des champs d'épandage de la ville de Paris, en vue de l'assainissement du fleuve, tel qu'il est

prescrit par les conditions essentielles de la loi du 10 juillet 1894.

C'est ainsi que débute la nouvelle étude de M. Vincey (1) dont on connaît les nombreux travaux et communications relativement à l'épandage. L'auteur s'est fait l'apôtre de l'irrigation terrienne, de l'épuration biologique *naturelle* des eaux d'égout, comme il aime à l'appeler, et, sans oublier aucune considération hygiénique, il s'efforce d'obtenir qu'on l'applique d'une façon rationnelle et scientifique.

L'auteur montre d'abord que les déversements d'eaux d'égout en Seine, qui avaient fléchi de 1899 à 1902, ont par la suite régulièrement augmenté. Si l'on tient compte du contingent des pluies ordinaires, c'est-à-dire de toutes les eaux souillées, dont la Ville de Paris a l'obligation légale d'assurer l'épuration, on voit que dans les années 1906-1907-1908 les déversements illicites au fleuve s'élèvent à 21, 22 et 25 pour 100 de la totalité des eaux d'égout. Ils sont relativement faibles de juin à octobre, mais beaucoup plus élevés en automne et surtout au printemps ; ils sont aussi plus importants la nuit que le jour, toutes proportions gardées du débit correspondant des collecteurs parisiens. Il y a lieu de remarquer que les égouts des départements de la Seine et de Seine-et-Oise déversent dans le fleuve un volume double de celui qui est rejeté par la ville de Paris.

L'infection de la Seine qui devait diminuer par suite de l'épuration des eaux d'égout de la ville de Paris dans les champs d'épandage, n'a fait que progresser, non seulement du fait des égouts de Paris, mais aussi par le développement considérable des populations de banlieue, qui participent à cette contamination.

M. Vincey montre d'une façon frappante la contamination de la Seine, au moyen de graphiques établis d'après les analyses effectuées à l'Observatoire de Montsouris.

Après avoir fait l'historique de l'assainissement de Paris, l'auteur établit une comparaison entre les résultats d'épuration obtenus par l'épandage et par les méthodes biologiques artificielles.

(1) *Mémoires de la Société nationale d'agriculture de France.* T. CXLIII, 1910.

D'après l'expérience de quarante années on peut dire que la dose d'irrigation culturale et épuratrice est de 1000 mètres cubes par hectare moyen. L'irrigation normale dure depuis 4 heures, en terrains sableux, jusqu'à 8 heures en sols argileux, soit 6 heures consécutives environ, pour les terres de perméabilité moyenne; elle revient approximativement tous les sept jours. D'après les limites légales, les intervalles entre deux irrigations seraient de 9 jours. En pratique les intervalles ne peuvent être moindres que 48 heures, car généralement l'irrigation cesse alors d'être soit culturale, soit épuratrice. C'est ainsi que l'expérience a fait abandonner les mares stagnantes qui avaient conduit à l'apparition des *taches chlorotiques* dans lesquelles toute culture et toute épuration étaient devenues difficiles pendant des périodes de fort longue durée.

L'irrigation culturale et épuratrice à l'eau d'égout peut être pratiquée sur tous les sols; mais la quantité d'eau utilisée varie considérablement selon leur perméabilité. La durée des intervalles entre les irrigations normales peut être d'autant plus réduite que les terrains mettent moins de temps à se dessécher. Ainsi dans les graviers sableux anciens la dose légale peut être doublée tandis que dans les alluvions anciennes limoneuses elle doit être réduite au cinquième.

Ayant ainsi exposé les connaissances actuelles sur l'épandage, résumées ici très brièvement, M. Vincey établit, en prenant pour base l'année normale 1906, un projet par lequel il montre que, par l'aménagement convenable des assolements culturaux et le règlement judicieux des irrigations, les terrains d'épandage de la Ville de Paris sont capables de satisfaire aux nécessités de l'assainissement parisien, sans compromettre en rien les intérêts de l'agriculture. Dans les domaines administratifs il supprime la culture des céréales et des betteraves industrielles, qui supportent fort mal l'irrigation épuratrice; il réduit sensiblement les productions potagères, la pomme de terre hâtive notamment, dont la faculté irrigatrice est insuffisante; par contre il instaure largement la prairie, dont le coefficient d'irrigation culturale est très élevé, sans aucun préjudice pour l'épuration de l'eau d'égout.

Les conceptions de M. Vincey sont intéressantes et il n'est pas douteux qu'elles soient applicables à la région pari-

sienne. Il est regrettable qu'entraîné par son zèle pour préconiser l'irrigation terrienne, il soit amené à déclarer que l'épuration des eaux d'égout par les procédés biologiques artificiels est fort incomplète. Il semble oublier que ces procédés, bien que ne donnant pas ordinairement des résultats aussi parfaits que l'irrigation terrienne bien comprise, sont pourtant susceptibles de permettre une épuration réelle et par suite de rendre les plus grands services lorsque cette dernière ne peut être appliquée, soit en raison de l'absence de terrains irrigables à proximité des villes, soit par suite de l'inaptitude des terrains aux irrigations.

L'épandage des eaux d'égout à Chelmsford (Angleterre) [1].

Les installations datent de 25 ans. Le volume d'eau d'égout par temps sec est d'environ 90 mètres cubes par jour pour une population de 1000 habitants, mais il est quelquefois dilué d'une façon considérable par les pluies.

L'épuration est obtenue par épandage sur une superficie de 4 hectares 1/4 dont 3 hectares 1/4 seulement utilisés. Les terres sont très fortes et on y trouve l'eau à une profondeur de 0m,60.

Au début l'eau d'égout s'écoulait dans deux bassins qui étaient vidés, aussitôt pleins, par des siphons automatiques. Le drainage du sol était fait à 0m,60 de profondeur. La terre était cultivée par un fermier, mais les résultats ne furent pas satisfaisants, car le fermier prenait plus de soin de ses récoltes que de l'épuration. L'eau d'égout s'infiltrait trop rapidement dans le sol et l'effluent venait polluer la rivière.

Les modifications apportées récemment comprennent :

1° Deux fosses à détritus mesurant chacune 1m,20 × 0m,90 et 0m,60 de profondeur;

2° Une fosse à boues de 0m,90 × 0m,90 et 2m,70 de profondeur;

3° Deux bassins de décantation mesurant chacun 11m,70 × 2m,70 et une profondeur de 1m,05 à l'entrée et 0m,60 à la sortie.

(1) *Sanit. Rec.*, 30 sept. 1909, p. 311.

Entre les fosses à détritus et les bassins de décantation se trouvent des déversoirs d'orage, pour évacuer le surplus des eaux lorsque le débit dépasse 3 fois le débit par temps sec.

4° Les eaux ainsi dérivées sont traitées sur un lit d'orage.

Les fosses et bassins sont pourvus de vannes pour évacuer les matières dans la fosse à boues, où elles se déposent, et l'eau en est séparée par une pompe. Les boues sont déversées sur la terre où elles se sèchent, puis sont enlevées par les fermiers des environs.

Le lit d'orage est composé de mâchefer, drainé, placé sur la terre même; il mesure 25^{m},55 × 10^{m},40 à la surface et 18^{m},50 × 9^{m},50 au fond, profondeur de 1^{m},15.

Avant de faire ces modifications, tout le terrain fut retourné à la charrue à vapeur. Il est destiné actuellement à l'épuration, les récoltes étant considérées comme accessoires. On y passe fréquemment la charrue, ce qui coûte annuellement 625 francs. Un homme est employé pour nettoyer tous les jours les fosses à détritus et les bassins de décantation à de fréquents intervalles.

Par temps sec il s'écoule peu d'effluent, quelquefois pas du tout. Les effluents ont été reconnus suffisamment épurés.

Ces travaux ont occasionné une dépense de 5125 francs.

D'après les données relatées plus haut, le taux d'irrigation est, si l'on compte seulement une surface de 3 hectares, de 3 litres par mètre carré et par jour par temps sec et de 9 litres par temps de pluie, le surplus étant traité sur lit d'orage, ou 10 800 mètres cubes par hectare et par an par temps sec et 32 400 mètres cubes par temps humide.

CHAPITRE XIII

TRAITEMENT DES EAUX D'ÉGOUT DES HABITATIONS ISOLÉES [1]

Partout où l'on se trouvera en présence de terrains sablonneux ou plus généralement de terrains perméables, l'installation suivante sera facile à établir et donnera toute satisfaction :

Le tuyau de chute des cabinets se rendra dans un tonneau placé debout, qui constituera la fosse septique. Le tuyau de conduite des eaux ménagères débouchera dans le tuyau de chute, à l'intérieur du tonneau. A côté, on placera un tonneau semblable, mais couché horizontalement, relié à la fosse septique par un tuyau de fonte s'ouvrant sur la paroi de cette dernière au 1/3 de sa hauteur environ à partir du bas et débouchant au point le plus bas du fond du tonneau horizontal. Ce dernier sera muni à l'intérieur d'une claie faite de bâtons, placée horizontalement, juste au-dessus du niveau du tuyau d'arrivée et sur laquelle seront empilés des cailloux, ou des briques cassées, etc., de grosseur variable allant de celle d'un œuf à celle d'un marron. Dans la paroi supérieure du tonneau horizontal sera ménagé un trou de ventilation et à la partie la plus élevée du fond opposé à la fosse septique on adaptera un tuyau de sortie. Le tonneau horizontal constituera, et c'est là un côté original de l'installation, un filtre anaérobie que les liquides auront à traverser de bas en haut. Le sewage arrivera alors à la partie supérieure d'un demi-tonneau placé verticalement, couvert avec une planche. C'est dans le fond de ce demi-tonneau que sera placé le siphon automatique s'ouvrant sur le drain d'évacuation. Ce drain formé par des tuyaux de grès de

[1] *Virginia Health Bulletin* (avril 1909, n° 10, page 286).

7 centimètres de diamètre devra être posé avec beaucoup de soins, presque horizontalement et à 30 centimètres environ sous terre. Les joints en seront enveloppés de papier goudronné pour empêcher l'entrée de la terre, et la longueur totale sera calculée à raison de 1 mètre pour 15 litres d'eau reçue journellement dans la fosse septique.

Cette installation peut convenir pour une habitation pour 5 à 8 personnes où l'on ne se sert pas de plus de 500 litres d'eau par jour. Si les cabinets ne sont pas séparés de la maison, il faudra que la fosse septique en soit éloignée d'au moins 10 mètres.

Enfin on peut ajouter, sur le tuyau réunissant les deux premiers tonneaux, un dispositif permettant de vider le système. Ce dispositif consiste à percer à la partie supérieure du tuyau un trou bien régulier que l'on bouche ensuite avec un bâton terminé par un tampon. Un manchon formé par un tuyau de grès donnera accès à cette vanne de vidange.

Ce système fonctionne très bien dans les terres légères et ne donnera aucun ennui au propriétaire.

Le devis de l'installation est le suivant :

3 tonneaux à 3 fr. 75 l'un.	11,25
Siphon	70,00
30 mètres de tuyau de grès.	5,00
Tuyaux de fonte	12,50
Travail, ciment, etc.	30,00
	128,75

L'évacuation des eaux usées d'une maison de campagne [1].

Les progrès de l'hygiène ont souvent été retardés par certaines circonstances. Aussi le système du tout à l'égout est bon en lui-même, mais quand on y introduisit d'abord les eaux-vannes, il n'y avait pas d'égout, et les fosses, avec tous les dangers qu'elles présentent, devinrent nécessaires. Il est à remarquer que souvent ces fosses furent construites contre les maisons et même sous la cuisine.

(1) *Wasser and Abwasser*, 7 mai 1910, p. 487 (d'après Thompson et Watson).

Bien que les autorités municipales et celles des comtés aient reconnu leur responsabilité dans les questions hygiéniques en Angleterre, il existe encore des habitations et des châteaux dont les eaux-vannes vont polluer de belles rivières.

Pour établir un projet d'épuration des eaux usées, l'ingénieur doit posséder les données suivantes :

1° La composition chimique des eaux à épurer;

2° Le nombre d'habitants existant ou à prévoir;

3° Si l'évacuation est du système unitaire ou du système séparatif;

4° Le volume de l'eau distribuée;

5° La variation du volume de l'eau à épurer;

6° La disposition de l'emplacement convenable, différence de niveau du sol entre l'émissaire de l'eau à épurer et la rivière où l'effluent doit être déversé;

7° Les volumes relatifs de cet effluent et de la rivière.

Pour éviter les mécomptes, il faut connaître exactement la composition de l'eau à épurer. Les produits chimiques sont très utiles, mais ils ne permettent pas d'obtenir un effluent stable non putrescible; il est nécessaire pour cela d'employer une méthode naturelle, comme l'irrigation terrienne, ou des moyens artificiels, comme les lits bactériens. Le choix dépend principalement des circonstances locales : la première exige des surfaces plus grandes, la dernière une pente d'au moins 1^{m},80 entre l'arrivée et la sortie de l'eau.

Prenant un exemple d'une habitation de campagne :

1° Habitée par dix personnes;

2° Avec eau de composition moyenne;

3° Volume total égal à 136 litres par personne;

4° Le débit, nul pendant la nuit, devenant dans la matinée égal à 5448 litres par jour;

5° Le rapport entre le volume de l'effluent et le débit de la rivière n'est pas supérieur à 1 à 5;

6° Différence de niveau de 2^{m},40;

7° Surface de terrain adjacent à la maison environ 4000 mètres carrés;

L'auteur recommande la construction d'une fosse septique ou de décantation, un lit bactérien à percolation et un petit

filtre à sable, ou autre dispositif pour éliminer l'humus entraîné par l'effluent du lit bactérien.

La fosse septique est très utile; son principal objet est de solubiliser les matières en suspension et de préparer ainsi l'eau pour la distribution sur le lit; de plus, elle égalise la qualité et la quantité du liquide qui passe sur le lit. La fosse, pour le cas examiné, serait de forme allongée; longueur environ deux fois la largeur, profondeur de 1^{m},20 à 1^{m},80 avec fond incliné vers une extrémité; elle serait étanche et pourvue d'une couverture mobile et, si la pente du terrain le permet, d'une vanne de fond pour l'évacuation des boues. La sortie de l'effluent décanté et septisé sera établie à un niveau tel que la partie supérieure de la fosse permette d'emmagasiner l'eau au moment du plus fort débit pour le répartir également sur la plus grande longueur de temps possible. Bien que dans les grandes installations, la distribution de l'eau sur les lits par des becs pulvérisateurs fixes soit préférable, le meilleur distributeur pour les petits lits est rotatif; il est ordinairement circulaire. Un lit pour traiter 1360 litres par jour doit avoir 1^{m},50 de diamètre au moins, avec une profondeur de 1^{m},80. Ce lit reposera sur un sol de béton sur lequel un fond formé de tuiles permettra l'aération et facilitera l'écoulement de l'effluent.

Il faut que les matériaux du lit soient durables; pour cela, ils doivent être durs et ne pas s'effriter sous l'action de l'eau et des influences atmosphériques. Les pierres cassées sont les meilleures, mais le gravier, les briques bleues et certaines scories très dures, cassées et lavées, sont également presque indestructibles. La grosseur des matériaux peut seulement être déterminée par des essais.

Il existe dans les eaux d'égout des matières colloïdales qui se décomposent lentement. Ce sont ces matières qui diminuent la capacité des lits bactériens de contact et qui sont entraînées en suspension dans les effluents des lits à percolation; un petit filtre à sable permet de les retenir.

Il se trouve des situations où l'eau devrait être pompée pour être distribuée sur les lits à percolation. Si les terrains environnants ont une surface suffisante et une composition convenable et peuvent être drainés à une profondeur de 1^{m},20,

le mieux est de faire de l'irrigation *sous la surface du sol*; si le sol est poreux ou boisé, l'eau passe trop rapidement dans les drains; si le sol est argileux ou trop compact, on crée un marécage. Il faut 332 mètres carrés pour traiter 1360 litres par jour. Si on adopte l'irrigation sous la surface du sol, il est préférable de pratiquer la décantation que d'établir une fosse septique; le liquide sera réparti dans tout le sol irrigué. Les drains d'irrigation seront situés à $0^{m},30$ au-dessous de la surface du sol. L'établissement de l'irrigation est simple, mais elle exige une surveillance attentive, car lorsque certaines parties du terrain sont trop alimentées, l'aération est impossible et les résultats d'épuration sont mauvais.

On ne peut s'élever trop fortement contre la pratique défectueuse de multiplier les petites installations d'épuration d'eaux d'égout lorsqu'il est possible avec une dépense raisonnable de les réunir en une seule plus grande où l'on puisse assurer un entretien efficace. Pour les maisons de campagne, cela est généralement impossible; aussi doit-on s'attendre à une grande dépense pour un faible bénéfice. L'ingénieur doit établir un plan simple, avec peu de dispositifs mécaniques et de méthodes de travail peu compliquées.

CHAPITRE XIV

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE LAITERIES

Nous avons donné, dans le volume V de ces recherches (p. 64), une revue générale sur l'épuration des eaux résiduaires de laiterie, basée sur les travaux jusqu'alors publiés et sur les recherches effectuées par nous-même à l'Institut Pasteur de Lille.

Cette question a été mise à l'ordre du jour du 1er Congrès des Associations agricoles et de Démographie rurale tenu à Bruxelles en septembre 1910. Trois rapporteurs, MM. Guth de Hambourg, Schoofs de Liége et Rolants de Lille avaient été chargés d'exposer leur opinion à ce sujet. D'autre part, M. A. Elliott Kimberly a relaté les expériences faites en Amérique. De l'ensemble de ces travaux nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions résumant l'état actuel de nos connaissances.

Parmi les eaux résiduaires industrielles, celles de laiterie sont des plus difficiles à épurer. Leur composition est extrêmement variable suivant les opérations effectuées à la laiterie et suivant le volume d'eau employé ; elles présentent toujours une grande pollution comme le montrent les analyses suivantes en milligrammes par litre :

	Matière organique.	Azote organique.	Matières grasses.
D'après Bömer.	265 à 2733	7 à 166	—
— Kattein et Schoofs.	371 à 712	24,3 à 50,7	159 à 290
— Guth. Eaux résiduaires totales comprenant celles de la beurrerie et de la fromagerie. . . .	492 à 2733	58 à 118	—
D'après Guth. Eaux de lavage des récipients à lait.	331 à 712	24 à 51	159 à 290
D'après Kimberly.	107 à 7500[1]	52 à 198	—
— nos expériences . .	1550 à 2135	45,6 à 115	628 à 1440

[1] Evaluée d'après l'oxydabilité.

La difficulté d'épuration provient d'abord de la présence de matières grasses, dont la destruction par les ferments est très lente et qui colmatent rapidement soit la terre, soit les installations biologiques artificielles, et ensuite de l'acidité nuisible au développement des germes qui concourent à la désintégration de la matière organique. Enfin ces difficultés sont accrues du fait que les eaux résiduaires de laiterie sont évacuées en très peu d'heures dans la journée.

Le degré d'épuration à obtenir varie suivant les circonstances locales. La décantation seule suffit lorsque le volume d'eau résiduaire est faible et le débit de la rivière dans laquelle elle est évacuée considérable.

A mesure que la différence entre ces deux volumes diminue, les efforts doivent tendre à obtenir une épuration efficace. Dans certains cas, la précipitation chimique est suffisante; dans d'autres, l'effluent de ce premier traitement doit être épuré plus complètement soit par irrigation terrienne, soit par la méthode biologique.

La décantation permet d'éliminer une partie des matières en suspension; mais pour cela il faut un repos assez prolongé pendant lequel les eaux fermentent et répandent des odeurs.

La précipitation chimique donne de meilleurs résultats, car l'addition de certains produits rend la décantation plus facile et, de plus, il y a entraînement par coagulation de certaines matières organiques solubles.

Parmi les réactifs chimiques employés, *la chaux* donne une mauvaise clarification et lorsque les liquides sont déjà en partie putréfiés, elle dégage des odeurs très désagréables de triméthylamine. On a cependant avantage à l'employer, mais *en mélange avec le sulfate ferrique*, pour traiter les eaux acides. On peut obtenir ainsi, d'après Lindet, l'élimination de 75 pour 100 de la matière azotée.

Dans certaines eaux rendues alcalines par l'emploi de carbonate de soude pour le lavage des appareils de laiterie, nous avons pu obtenir la précipitation de 74 pour 100 de la matière organique, de 87 pour 100 de l'azote organique et de la totalité des graisses, par l'emploi de sulfate ferrique seul.

Les quantités de réactif à employer sont en rapport avec le

degré de pollution de l'eau; d'après Guth, il faut de 100 à 1000 grammes de chaux et 50 à 200 grammes de sulfate de fer par mètre cube. Dans l'essai que nous citions plus haut, nous avons dû employer 2500 grammes de sulfate ferrique par mètre cube. Ces quantités doivent être réglées par des essais préalables.

Comme le volume des eaux résiduaires de laiterie est rarement considérable, le traitement chimique se fait facilement dans deux bassins, l'un étant en remplissage pendant que l'autre est en vidange. Lorsque la totalité des eaux d'une journée est réunie dans le bassin, on ajoute les réactifs, la chaux en lait et le sulfate ferrique en solution, l'un après l'autre, à intervalle de quelques minutes, en ayant soin de brasser énergiquement le mélange après l'addition de chaque réactif. Après une période de repos, déterminée par l'expérience, on décante le liquide clair surnageant au moyen d'un tuyau à flotteur.

Les boues produites par ce traitement doivent être éloignées le plus rapidement possible, car elles ne tardent pas à fermenter, comme du reste le liquide, qui est toujours putrescible. Elles peuvent utilement être employées comme engrais. C'est un des inconvénients de cette méthode qui est rendue, de ce fait, assez coûteuse.

On a aussi proposé, comme succédanés du sulfate ferrique, le sulfate d'alumine ou la lessive de manganèse.

Les eaux de laiterie contenant des principes fertilisants (azote, phosphates), leur épandage sur sol cultivé est indiqué, car il permet d'utiliser au grand profit de l'agriculture les résidus tout en assurant, lorsque les circonstances locales s'y prêtent, une bonne épuration. L'épandage est facile à conduire parce que l'évacuation ne dure que quelques heures de la matinée, ce qui permet de régler facilement l'alternance d'irrigation indispensable pour une utilisation rémunératrice et une épuration certaine.

L'épuration terrienne est pourtant difficile à réaliser avec les eaux de laiterie. Guth indique que, même dans les meilleures conditions, une dose, par mètre carré et par jour, de 30 à 40 litres d'eau de composition moyenne ne peut être appliquée longtemps. Lorsqu'il y a des cultures ou lorsque le

sol est argileux ou argilo-calcaire, cette dose doit être réduite au dixième. Les surfaces à irriguer doivent être drainées. Nous avions indiqué des doses plus faibles en prenant un exemple.

Pour une laiterie évacuant 5 mètres cubes d'eau par jour, il faudrait aménager en moyenne une prairie de 9 à 18 ares, avec une distribution dans les rigoles, entre billons, telle que chaque parcelle ne reçoive l'eau qu'au minimum tous les neuf jours.

Les eaux doivent être répandues le plus fraîches possible; cependant il y a intérêt, pour éviter le colmatage, à les faire passer dans un petit bassin de décantation muni d'un dispositif pour retenir la matière grasse.

Lorsque, par suite de dispositions locales défectueuses, on ne peut employer l'épandage, on doit avoir recours aux méthodes biologiques artificielles.

Les expériences entreprises pour épurer les eaux de laiterie par les procédés biologiques artificiels, tant à Hambourg par Kattein et Schoofs, qu'à Lille à l'Institut Pasteur, ont paru donner des résultats très satisfaisants. Cependant, d'après Guth, le taux d'épuration décroît peu à peu avec le temps et il est toujours utile de prévenir un complément d'épuration par épandage.

L'emploi de fosses septiques, comme traitement préliminaire des eaux avant leur épuration sur lits bactériens, donne souvent lieu à des dégagements d'odeurs très désagréables. Cependant, d'après Kimberly, lorsqu'il s'est formé à la surface de ces fosses une croûte assez épaisse et qu'on prend soin de les recouvrir, les dégagements sont peu importants.

D'après cet auteur il est indispensable de neutraliser une partie de l'acidité des eaux, de préférence avant leur entrée dans la fosse septique, neutralisation opérée par la chaux, de façon que cette acidité soit inférieure à 1 gramme par litre.

Les matériaux des lits bactériens sont assez rapidement corrodés par les acides contenus dans ces eaux; aussi avons-nous recommandé de mélanger à ces matériaux des pierres calcaires qui facilitent l'épuration.

Dans son rapport, Guth indique que les lits bactériens à percolation de $1^{m},50$ à 2 mètres de haut ne doivent pas rece-

voir plus de 1 mètre cube d'eau par mètre carré de surface et par jour. Nous pensons que c'est un maximum qui ne devra jamais être atteint et la surface que nous avions indiquée dans l'exemple décrit l'an dernier est un minimum (1^{m^2},26 par mètre cube d'eau à épurer) et elle devra être augmentée autant que possible.

Il semble que la fabrication de la caséine avec le lait écrémé soit encore peu répandue car, sauf dans le rapport de Rolants, il n'en est fait aucune mention. Le sérum du lait sera toujours utilement employé pour la nourriture des porcs ou tout autre usage. Il ne faut pas en effet songer à l'épurer si ce n'est par épandage, après neutralisation par la chaux et décantation, à des doses extrêmement minimes car ce liquide est fortement chargé de matières organiques.

Nous pouvons résumer ces données dans les propositions suivantes :

1° Les eaux résiduaires de laiterie sont très polluées; elles ne peuvent être rejetées dans un cours d'eau sans épuration que lorsque le débit des cours d'eau est considérable comparativement au volume des eaux résiduaires. Dans ce cas il est cependant nécessaire d'éliminer par une décantation convenable les matières en suspension.

2° Lorsque le rapport entre le débit de la rivière et le volume de l'eau résiduaire est encore assez grand, et que la capacité d'autoépuration de la rivière n'a pas été épuisée par des pollutions en aval, l'épuration chimique, quoique imparfaite, est suffisante. On recommande, pour cette épuration, l'emploi de la chaux et du sulfate ferrique.

3° Les méthodes biologiques naturelles ou artificielles (épandage ou lits bactériens) demandent les plus grands soins pour leur application aux eaux résiduaires de laiterie.

L'épandage ne permet une épuration efficace que si les sols irrigués sont de composition convenable et si la dose d'irrigation est faible et en tout cas proportionnée au pouvoir épurant du sol.

Il est indispensable, lorsque les effluents doivent être évacués dans un ruisseau de débit faible ou nul, de faire subir aux eaux un traitement chimique avant de parfaire l'épuration sur les lits bactériens ou par épandage.

4° Enfin lorsque les eaux résiduaires de laiterie, évacuées dans un égout, pourront s'y diluer dans un volume suffisant d'eaux ménagères, il est préférable de traiter l'ensemble de toutes ces eaux dans une station centrale. Cependant, lorsque le pourcentage de ces eaux industrielles sera très grand, il y a lieu de les traiter chimiquement à l'usine avant de les rejeter à l'égout de façon à diminuer les difficultés d'épuration à la station centrale.

Épuration des eaux résiduaires de laiterie.

Dans l'État d'Ohio (U. S. A.), il existe plus de 500 laiteries déversant leurs eaux résiduaires dans les cours d'eau les plus voisins. Cette pratique ayant amené de nombreuses plaintes, le *State Board of Health* entreprit en 1906, avec le *United States Geological Survey*, l'étude de l'épuration de ces eaux par une enquête relative aux différents établissements fabriquant le beurre, le fromage ou pratiquant seulement l'écrémage, et en créant une installation expérimentale dans une des plus grandes crèmeries de l'Etat. Cette station comprenait un bassin de décantation, un bassin mesureur avec siphon et deux filtres à sable de capacité suffisante pour traiter environ 20 mètres cubes d'eau résiduaire par jour.

Avant la construction de cette station, quelques expériences furent faites, d'une part à *Columbus* sur des dilutions de lait écrémé dans des bassins de décantation et des fosses septiques suivies de filtration, d'autre part à *Blanchester* où la totalité des eaux résiduaires d'un établissement d'écrémage passait dans une série de bassins en tôle galvanisée. Ces expériences permirent d'établir les plans de la station expérimentale qui a fonctionné en avril 1909. Les résultats obtenus après trois mois sont donnés dans le rapport de M. Elliott Kimberly [1].

En général les eaux résiduaires ne présentent pas de très grandes variations de composition. Elles comprennent les

(1) *Eng. Rec.*, 8 janv. 1910, p. 50.

eaux de refroidissement relativement pures et les eaux de lavage très putrescibles.

L'auteur résume dans un tableau les résultats d'analyses (en milligrammes par litre) représentant les compositions moyennes des eaux résiduaires de laiterie en Amérique.

Provenance.	Oxydabilité.	Azote. organique.	Azote. ammoniacal.	Acidité.	Matières en suspension.
Etablissement d'écrémage.	966	249	4	518	»
—	2845	230	17	»	»
—	751	115	14	230	»
—	494	68	1,6	142	»
—	107	52	46	303	»
Fabrique de beurre	480	80	2,5	544	2475
— à Uxbridge . .	512	138	2,1	»	»
Lait écrémé et eau à parties égales.	7500	1980	60,0	»	»
Lait écrémé 1 partie et eau 35 parties.	425	230	16,5	»	»
Fabrique de beurre	1470	480	2,4	240	»

A la crèmerie de Sunbury, où est installée la station expérimentale, on n'obtint pas un effluent imputrescible par le seul traitement en bassins suivi de passage sur filtres à sable devant traiter 67 litres par mètre carré et par jour d'eaux résiduaires de composition analogue à celle donnée par la dernière analyse.

Les expériences furent divisées en deux séries : dans la première, du 24 avril au 12 juin 1909, les eaux comprenaient le mélange des eaux de refroidissement et de celles de lavage; dans la deuxième, du 13 juin au 12 août 1909, les eaux de lavage étaient seules traitées. Les volumes correspondaient dans le premier cas à 14 litres par kilogramme de beurre et dans le deuxième cas à 9^{l},5 par kilogramme. Les périodes de décantation furent de 4 jours 9 au début, puis de 7 jours 7.

Dans ces eaux, la caséine est presque complètement en suspension par suite de la coagulation produite par l'acidité. Les particules se déposent dans le bassin mais sont soulevées par les gaz de fermentation et forment une couche flottante atteignant après 118 jours une épaisseur de 45 centimètres dans le

compartiment d'entrée. Cette couche devient sèche à la surface.

Au début, des odeurs considérables se dégageaient principalement de l'écume; elles étaient retenues par la couverture en bois des fosses et seulement appréciables lorsqu'on ouvrait les trous d'homme. A partir du 19 août l'odeur était diminuée par suite de la grande épaisseur d'écume. Dans les premières semaines un grand nombre de larves se développèrent, puis disparurent graduellement à mesure que la surface se desséchait. L'épaisseur de la couche d'écume était de plus en plus faible en avançant vers la sortie où il n'y en avait que des traces.

Du 24 avril au 12 juin les filtres fonctionnèrent au taux de 72 litres par mètre carré et par jour ou plutôt de 144 litres avec arrosage tous les deux jours. Du 13 juin au 10 août, le taux fut abaissé à $54^{l},5$ par mètre carré et par jour ou de 109 litres avec arrosage tous les deux jours.

Ces filtres se sont peu colmatés: un léger dépôt de 5 à 6 millimètres d'épaisseur à la surface était facilement enlevé au rateau. L'eau déversée disparaît ordinairement en 10 à 30 minutes. Il n'y a d'odeur qu'au moment du déversement, odeur qui n'est pas perceptible à plus de $7^{m},50$.

L'épuration n'a pas été aussi importante qu'on l'espérait; cela tient, à *Sunbury*, d'après l'auteur, à l'insuffisance des filtres qui ont une trop faible surface.

Les eaux brutes de laiterie ont une acidité considérable, principalement due à l'acide lactique. Elle est supérieure, d'après certaines recherches faites en Allemagne, à celle nécessaire pour empêcher le développement des bactéries qui concourent à l'épuration. En réduisant par addition de cendres sodiques l'acidité à moins de 1 pour 1000, chiffre au-dessus duquel les bactéries ne peuvent plus se développer, M. Kimberly obtint une amélioration considérable.

L'effluent des filtres est généralement limpide et peu odorant, mais, conservé à la température du laboratoire, il devient noir en dégageant une odeur nauséabonde au bout de huit à dix heures, ce qui montre que l'épuration est incomplète.

Le volume de toutes les eaux résiduaires d'une laiterie peut

être évalué à 15 litres par kilogramme de beurre [1], il sera de 10 litres si l'on compte seulement les eaux de lavage des appareils et des parquets.

Le traitement des eaux résiduaires de laiterie doit comprendre d'abord la décantation, puis l'oxydation du liquide décanté. La coagulation est relativement rapide et une décantation de deux jours est suffisante. Les bassins devront avoir l'entrée et la sortie submergées, être divisés en deux ou plusieurs compartiments par des chicanes, et couverts pour éviter les odeurs ; ils devront être curés peut-être une fois par an.

La capacité du bassin mesureur sera calculée de façon que le volume d'eau déversée couvre la surface d'une unité de filtre sur une épaisseur de 25 à 75 millimètres. Ce bassin sera aussi couvert et pourvu d'un trou d'homme pour ajouter la lessive alcaline ou la chaux.

Le taux de traitement des eaux sur les filtres à sable ne doit pas dépasser 28 litres par mètre carré et par jour. La profondeur du filtre ne sera pas moindre de $0^{m},75$ et, de préférence, elle sera de $0^{m},90$ à $1^{m},20$. Le sable reposera sur une couche de gravier placée sur un sol bien drainé.

La saturation de l'acidité, lorsque cela est possible, sera opérée avant l'entrée dans le bassin de décantation ; pour cela la chaux, qui est d'un prix inférieur à la soude, lui sera préférée, quoique cette dernière paraisse scientifiquement un meilleur réactif.

Dans certains cas, le liquide décanté peut être rejeté directement dans la rivière ; par exemple si la dilution est égale à 30 fois le volume de l'eau résiduaire. Le liquide sera alors déversé au centre de la rivière à l'endroit où le courant est le plus rapide.

L'auteur cite l'exemple du traitement de 4 540 litres d'eau résiduaire par jour. Il faut prévoir un bassin de décantation de 9 080 litres, un bassin mesureur de 4 540 litres, des filtres à sable d'une surface totale de 162 mètres carrés. Les dimensions proposées sont : pour le bassin de décantation

[1] Il faut environ 20 à 25 litres de lait pour obtenir 1 kilogr. de beurre. D'après les nombres donnés, on use beaucoup moins d'eau de lavage en Amérique qu'en Europe.

$1^m,30 \times 2^m,70$ et $2^m,05$ de profondeur ; pour le bassin mesureur $1^m,30 \times 2^m,70$ et $1^m,20$ de profondeur avec siphon de 125 millim. ; pour les filtres à sable, deux unités ayant chacune 81 mètres carrés de surface et une profondeur de $1^m,20$. Le coût probable d'une telle installation serait de 3 750 francs ; celui du fonctionnement se réduirait pratiquement au prix des réactifs, soude ou chaux.

CHAPITRE XV

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE SUCRERIES

Épuration des eaux de sucreries par le procédé Freese ([1]).

Ce procédé est basé, comme le procédé *Degener*, sur l'emploi de matières humiques et de charbons tourbeux. Comme ces substances, et surtout la tourbe, sont peu solubles dans l'eau, on augmente leur solubilité par le chauffage à une température plus ou moins élevée. Les matières humiques sont ainsi beaucoup plus actives : en outre, la chaux vive suffit pour la précipitation.

Cette méthode de Freese a été expérimentée avec succès sur les eaux d'égout des villes. Avec les eaux d'amidonneries, qui sont très difficiles à épurer, on a pu éliminer 75 0/0 des matières organiques qu'elles renferment. D'autres essais ont été faits en sucrerie, spécialement sur les eaux de pressurage des cossettes épuisées : ces essais ont montré que le traitement de ces eaux par cette méthode enlève les matières putrescibles, mais laisse intact le sucre qu'elles contiennent. On peut ainsi faire rentrer à la diffusion une eau épurée, mais renfermant encore tout le sucre qui se trouve récupéré. On utilise, par mètre cube d'eau, pour 1,25 centime de matières humiques et 5 centimes de lait de chaux. En admettant un salaire moyen de 3 francs par jour, les frais du traitement s'élèvent à

([1]) D'après *Die Deutche Zuckerindustrie*, 1909, p. 313, et *Wasser und Abwasser*, vol. II, n° 4, p. 166-167.

750 francs environ pour une campagne de 30 millions de kilogrammes de betteraves; à 1 325 francs pour une campagne de 60 millions de kilogrammes; à 1 850 francs pour une campagne de 100 millions de kilogrammes. Comme on peut regagner par cette méthode environ $0^{kg},2$ de sucre par 100 kilogrammes de betteraves, le gain surpasse très fortement les dépenses indiquées ci-dessus.

Le travail s'effectue de la façon suivante : les eaux qui s'écoulent des presses sont mélangées aux matières humiques dans un bassin muni d'un agitateur; on ajoute ensuite la chaux. Le mélange est envoyé alors dans un cylindre d'où le soutirage de l'eau claire peut s'effectuer au bout de cinq à huit minutes. Le dépôt est séparé au moyen d'un filtre à sable.

CHAPITRE XVI

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE BRASSERIES

Épuration des eaux résiduaires de brasserie, à Shepley.

L'auteur de ce rapport, inspecteur en chef du *Rivers Board* (1), a fait de louables efforts pour combattre la pollution des rivières en publiant de nombreuses notices descriptives des procédés employés pour l'épuration des eaux résiduaires industrielles. Celles de brasserie ont déjà fait l'objet de deux rapports en 1903 et 1904.

Il décrit actuellement l'installation faite à la brasserie *Highfield* à *Shepley*. Les eaux à traiter se composent de toutes les eaux de brasserie, sauf celles provenant du maltage qui n'est pas effectué à l'usine.

Les eaux comprennent celles qui s'écoulent des grains et des houblons, du lavage des appareils, des parquets et des tonneaux. Ces dernières contiennent du bisulfite de chaux. Les eaux de réfrigération sont évacuées séparément. Le mélange forme un liquide très pollué par des matières organiques solubles et aussi par des débris de grains, de houblons et des levures en suspension.

Abandonnées à elles-mêmes, ces eaux s'acidifient très rapidement, ce qui les rend très difficiles à épurer par les méthodes biologiques, les ferments oxydants étant très sensibles à l'action de l'acidité.

(1) H. Maclean Wilson, *West Riding Rivers Board*, 1er Déc. 1909.

Depuis plus de trente ans, les brasseurs cherchaient à épurer ces eaux par irrigation, après décantation, sur environ 2 hectares de prairies. Mais malheureusement le sol est peu propice à l'épuration et les résultats étaient insuffisants. Aussi l'an dernier il fut décidé de recourir à l'épuration biologique artificielle (fig. 32).

Le volume moyen journalier est de 45 mètres cubes, soit environ 3 fois celui de la bière fabriquée. L'eau passe d'abord

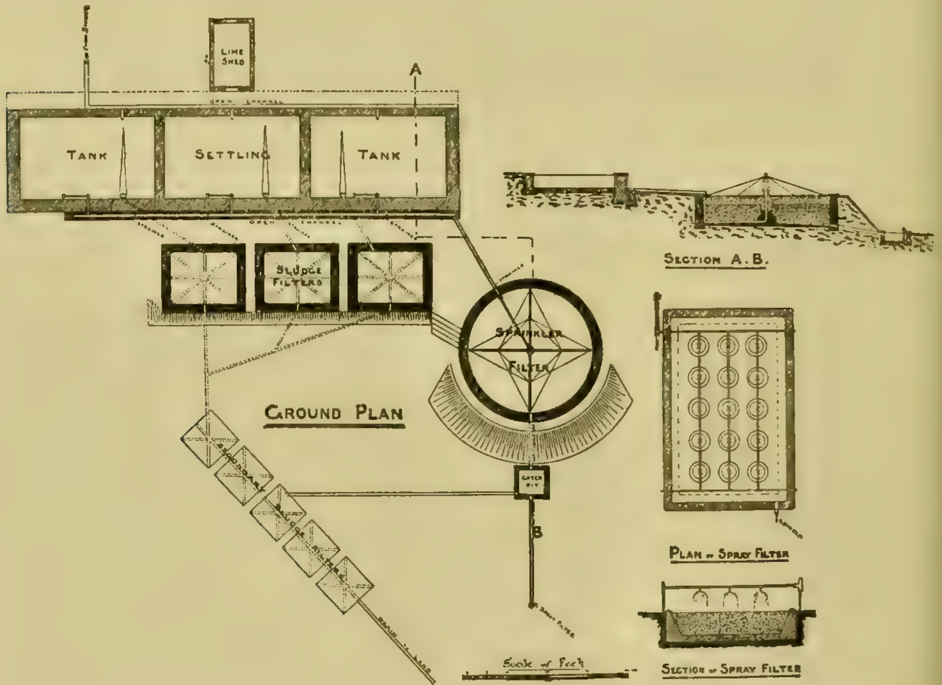


Fig. 32. — Épuration des eaux résiduaires de brasserie à Shepley.

à travers un petit puisard de $0^{m2},558$ et de $1^{m},35$ de profondeur, où se déposent les plus grosses matières, qui sont enlevées au bout de quelques jours (environ une tonne par semaine).

De là l'eau se rend dans trois bassins de décantation, ayant chacun une capacité de $54^{m3},5$, d'où elle sort par un bras flotteur, les boues étant évacuées par le fond. On remplit pratiquement un bassin par jour; on y ajoute alors $65^{kg},4$ de chaux sèche ($1^{gr},420$ par litre) qui est jetée à la pelle à la surface. On laisse reposer le liquide pendant une nuit et on en décante la partie claire par le bras flotteur. La méthode d'addition de la chaux n'est pas recommandable et il est probable que la moitié suffirait si on l'employait sous forme de lait.

L'effluent décanté est distribué sur un lit bactérien circulaire par un sprinkler rotatif d'Adams. Ce lit mesure 9 mètres de diamètre ou 65 mètres carrés, et $1^m,95$ de profondeur. Il est composé principalement de pierres cassées, de grosseur variant de 48 centimètres cubes au fond à 8 centimètres cubes à la surface, avec, comme couverture, une couche de charbon d'une épaisseur de 30 centimètres et d'une grosseur de 8 centimètres cubes. Il a été établi sur un sol de béton et est drainé par de nombreux drains en poterie. Le taux de distribution est réglé par la vanne de décharge des bassins de décantation.

L'effluent de ce premier lit traverse une fosse de $1^m,80$ sur $1^m,80$ et $0^m,75$ de profondeur, et se rend sur un second lit d'une surface de 134 mètres carrés et d'une profondeur de $1^m,80$. Ce lit est composé de coke variant de 48 à 8 centimètres cubes, recouvert d'une couche de gazon en mottes de 16 centimètres carrés ; il repose sur des drains ordinaires. L'eau y est distribuée par des becs pulvérisateurs placés à $1^m,80$ au-dessus de la surface du lit et dirigés vers le bas. L'effluent de ce lit est déversé à la rivière.

La conduite qui amène les eaux du premier au second lit a une longueur de 270 mètres ; aussi, pendant le trajet, il se produit un dépôt considérable de zooglées de champignons qui bouchent les becs et rendent difficile la distribution à la surface du lit. On va ajouter une vanne qui permettra d'évacuer ces zooglées sur la terre.

Les boues des bassins de décantation sont déversées sur 3 lits à boues, ayant chacun une surface de 19 mètres carrés, formés de $0^m,60$ de pierres et cendres avec des drains laissant écouler le liquide dans la prairie où il est absorbé. Chaque bassin est curé une fois toutes les trois semaines ; il contient alors 75 millimètres de boues liquides, soit environ $4^{m3},6$.

Le prix total de l'installation est estimé 26 250 francs, comprenant 15 000 francs pour les bassins, le filtre à coke, le hangar à chaux, etc..., et 11 250 francs pour le filtre à sprinkler, les lits à boues, etc.... Le travail nécessaire, avec le curage des boues, demande la moitié du temps d'un ouvrier et coûte 13 fr. 15 par semaine. Il faut compter en plus le prix d'achat d'une demi-tonne de chaux par semaine.

L'effluent est déversé dans un très petit cours d'eau, qui par

temps sec évacue un volume d'eau moindre que celui rejeté. Le lit du ruisseau s'est d'abord recouvert de champignons (principalement *Sphaerotilus natans* avec des filaments de *Crenothrix polyspora*) et il se dégageait une odeur très désagréable d'eau résiduaire de brasserie. L'odeur et les champignons ne sont pas tout à fait disparus, mais ils sont maintenant l'une et les autres peu importants.

La dernière analyse (20 juillet 1909) donne les résultats suivants en milligrammes par litre :

	Eau résiduaire	Effluent des bassins de décantation.	Effluent 1er lit.	Effluent 2e lit.
Extrait	911,0	670,0	599,0	508,8
Matières en suspension — totales	339,0	44,8	107,0	64,8
Matières en suspension — cendres	137,0	14,4	46,0	35,2
Matières en solution — totales	572,0	626,0	492,0	440,0
Matières en solution — cendres	280,0	280,0	280,0	310,0
Azote nitrique	0	0	0	0
— ammoniacal	1,6	0,2	0,2	0
— organique (Kjeldahl)	18,9	7,6	7,0	3,7
Oxygène absorbé en 4 heures — total	76,4	83,4	30,6	16,6
Oxygène absorbé en 4 heures — en solution	38,6	61,2	19,4	11,8

Il est à noter que l'effluent final ne contient jamais de nitrates et on peut croire que l'épuration n'a pas été aussi complète qu'on le désirait. Dans le rapport de 1904 il est dit que lorsque l'effluent du lit passait au travers du jardin on produisait des nitrates et c'est pour cela que le filtre de Shepley a été recouvert de mottes de gazon, sans toutefois qu'on eût obtenu le résultat attendu. Il est vrai que la distribution sur le lit final n'est pas bien assurée et ce peut être la cause de l'absence de nitrification.

Nous pensons, contrairement à l'opinion de l'auteur, que, quelque dispositif qu'on adopte, on n'obtiendra jamais, aux dépens de l'eau résiduaire seule, d'après les analyses données, de nitrification de très petites quantités d'azote organique ou ammoniacal en présence de quantités très fortes de matières hydrocarbonées; nous l'avons déjà exposé avec nos expériences [1].

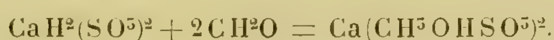
[1] Ces *Recherches*, 3e vol., p. 66.

CHAPITRE XVII

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES FABRIQUES DE CELLULOSE

D'après les expériences de *A. Stutzer*[1], le traitement de ces eaux résiduaires par la chaux ou d'autres réactifs alcalins ne donne pas des résultats satisfaisants. Parfois en effet ces produits chimiques n'agissent pas du tout, et dans d'autres cas ils donnent des résidus qui ne peuvent plus servir à l'alimentation du bétail.

Avec le formol, l'auteur a, au contraire, obtenu de bons résultats. Le bisulfite de calcium de ces eaux donne avec le formol un sel complexe :



$$CaH^2(SO^3)^2 + 2CH^2O = Ca(CH^3OHSO^3)^2.$$

Pour donner aux animaux le résidu recueilli, il faut d'abord éliminer tout le formol : on y arrive le mieux avec de la mélasse, qui neutralise le formol par ses composés aminés.

L'auteur conclut en donnant une technique pour la préparation de l'aliment, ainsi que les résultats des essais de nutrition faits sur des animaux.

(1) *Zeits. f. angew. Chem.*, 1909, p. 1999, d'après *Bulletin de l'Office international d'Hygiène publique*, t. II, p. 811.

CHAPITRE XVIII

ÉPURATION DES EAUX DE LAVAGE DE LAINES ET DES EAUX RÉSIDUAIRES DE TEINTURERIES A DEDHAM (1)

La fabrique de tapis Cochrane à *Dedham* rejette environ 90 mètres cubes d'eaux résiduaires dont 9 mètres cubes d'eaux de lavage de laines, le reste comprenant les eaux de lavage et rinçage après teinture. L'usine d'impression doit traiter d'autre part environ 45 mètres cubes d'eaux de lavage et rinçage après teinture, mais ce volume peut être porté à 360 mètres cubes.

Le traitement des eaux consiste en décantation suivie de filtration. Une difficulté provient du manque de pente, car on ne peut disposer que de 1m,65 de chute de l'usine au point d'évacuation à la rivière. Les bassins de décantation sont au nombre de trois, à côté desquels se trouvent trois lits à boues sur lesquels on pompe les boues. Il existe actuellement quatre lits filtrants d'une surface totale d'environ 4 000 mètres carrés. Les lits à boues et les lits filtrants sont drainés, ils sont formés de scories provenant des foyers de l'usine, leur hauteur est de 0m,75.

Les eaux de lavage de laines traversent une caisse dans laquelle elles sont mélangées aux eaux acides; les matières grasses se séparent et peuvent être retirées par écumage.

Après décantation le liquide, légèrement coloré mais contenant encore les matières en solution, est dirigé sur les lits filtrants qui sont mis en service alternativement. Lorsqu'un lit est submergé, on l'abandonne pour que sa surface se sèche

(1) *The Engineering Record*, 22 mai 1909, p. 669.

par exposition à l'air et à la lumière solaire. Cette surface se couvre d'une mince écume colorée qui, par dessiccation, se brise en petits flocons, et de temps en temps on racle la surface. Quand cela est nécessaire une partie de la surface est nettoyée et on ajoute de nouveaux matériaux.

L'effluent est incolore et il ne contient pas de matières en suspension perceptibles.

Le coût de l'installation totale a été de 67 500 fr. environ.

CHAPITRE XIX

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES D'USINES A GAZ ET DE FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES [1]

On éprouve souvent de grandes difficultés à épurer les eaux d'égout contenant les eaux résiduaires d'usines à gaz ou de fabriques de produits chimiques dans lesquelles on traite les eaux ammoniacales pour en retirer les sulfates ou les produits volatils. On récupère ainsi avantageusement des sous-produits, mais les eaux résiduaires sont alors très nuisibles et d'une composition très complexe. Les sulfocyanates et les composés du phénol qu'elles contiennent sont antiseptiques et entravent l'action microbienne dans les fosses septiques et les lits bactériens et aussi dans l'irrigation terrienne.

Dans bien des cas, surtout par temps sec, on a été amené à interdire l'écoulement de ces eaux dans les égouts. Les usines se trouvaient alors dans l'alternative soit d'interrompre leur récupération, soit d'adopter des dispositifs coûteux d'épuration. Même lorsque le volume de ces eaux est faible comparativement au volume total des eaux d'égout, l'épuration est très médiocre, et les produits nuisibles se retrouvent dans les rivières. Il y a peu de doute que la présence de ces eaux dans la Tamise, bien qu'en faibles quantités, soit la cause de la mauvaise qualité des eaux du fleuve. Ces deux effets, pollution partielle et retard dans l'oxydation de la matière organique, se retrouvent dans les autres cours d'eau.

Pour produire 28 300 mètres cubes de gaz, on doit distiller 100 tonnes de charbon. Pendant la distillation on obtient une

[1] *San Rec.*, 17 mars 1910, p. 255.

grande quantité de liquides malodorants, dont on peut retirer une tonne de sulfate d'ammoniaque, et comme résidu $11^{m^3},550$ d'une eau très trouble de couleur chocolat et de mauvaise odeur. Cette eau contient de l'alcali libre, des composés du cyanogène, des phénols, etc..., et a un pouvoir d'absorption d'oxygène d'environ 500 à 600. On peut évaluer la production d'eaux résiduaires à environ 3 à 5 pour 100 des eaux d'égout d'une ville.

Il n'y a qu'un moyen de remédier au trouble apporté par le mélange de ces résidus aux eaux d'égout, c'est de les traiter dans l'usine même. Il faut pour cela un procédé sûr, automatique et économique : le procédé breveté *Radcliffe* mérite à ces points de vue sérieuse considération.

Ce procédé a été installé à l'usine à gaz de *Sutton* ; il est une combinaison des moyens chimiques et mécaniques. Pour cela on emploie les gaz produits pendant la récupération de l'ammoniaque pour saturer la chaux libre et décomposer certains produits, et on filtre sur coke.

Les eaux résiduaires dont on a chassé l'ammoniaque laissent d'abord déposer l'excès de chaux qu'elles contiennent dans deux bassins de décantation. La partie clarifiée s'écoule dans un troisième bassin d'où elle est pompée à la partie supérieure d'une colonne. Dans cette dernière l'eau tombe en pluie, qui est traversée par le courant d'un mélange des gaz provenant de la distillation de l'ammoniaque avec trois volumes d'air. Il se produit ainsi une saturation de la chaux qui se précipite et une décomposition des phénols. Les impuretés sont ainsi entraînées dans les foyers et détruites. On laisse déposer le carbonate de chaux et on introduit de petites quantités d'acide sulfurique : on peut ainsi éliminer les composés du cyanogène. Après une dernière décantation suivie de filtration, l'eau est évacuée à l'égout, ou utilisée pour éteindre le coke ou pour d'autres usages.

Ce procédé est employé à *Saint-Albans* depuis deux ans et donne de bons résultats, l'eau est tout à fait limpide et sans odeur ; l'installation exige peu d'espace. Depuis son adoption, l'épuration terrienne des eaux d'égout de la ville s'est faite normalement. Des expériences de *Thresh* et *Bower* et de *Dibdin* ont montré que l'effluent ne nuit pas aux bactéries des

eaux d'égout, même lorsqu'il est ajouté en proportions 5 à 6 fois plus grandes que dans la pratique. De plus *Otto Hehner* a trouvé que cet effluent, ajouté dans la proportion de 12 pour 100 (qui n'est jamais dépassée même en temps très sec) favorise la culture et le développement de beaucoup de bactéries.

A part le coke pour la filtration, les frais sont presque nuls, car on emploie seulement des gaz et de la chaleur perdue, et la surveillance des appareils est faite par l'ouvrier qui dirige la récupération de l'ammoniaque.

CHAPITRE XX

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES AUX ÉTATS-UNIS

Les eaux résiduaires industrielles, lorsqu'elles sont mélangées aux eaux d'égout domestiques, rendent généralement l'épuration plus difficile, par suite de leur faible teneur en azote et en germes, ce qui retarde la décomposition rapide et l'épuration finale par nitrification. Le plus souvent ces eaux ne contiennent pas de germes pathogènes et sont par suite moins dangereuses que les eaux d'égout domestiques. Dans beaucoup d'États, dans le but d'encourager l'industrie, la plus grande tolérance existe pour le rejet dans les cours d'eau.

Le degré d'épuration d'un effluent dépend des circonstances locales, car la composition des eaux résiduaires industrielles est extrêmement variable non seulement suivant les industries, mais encore pour une même industrie suivant les usines, ce qui rend l'établissement d'un type d'épuration absolument impossible.

Lorsque les eaux résiduaires sont déversées dans un égout, il y a lieu d'exiger la retenue de la plus grande partie des matières en suspension qui viendraient boucher les pompes ou empêcher l'écoulement ; ce résultat est facilement obtenu par des bassins de décantation convenablement aménagés. M. Barbour (1) fait remarquer que l'occlusion ne dépend pas de la quantité des matières en suspension, mais de leur caractère et de leur densité.

L'auteur cite le cas de *Hudson* (Massachusetts), montrant l'effet de certaines eaux résiduaires sur l'épuration. Avec les

(1) *Eng. Rec.*, 26 juin 1909, p. 805.

eaux du tout à l'égout assez concentrées on obtenait un effluent contenant des traces d'ammoniaque et une grande quantité de nitrates. Les eaux d'une usine de traitement de laines furent admises dans les égouts au taux d'environ 10 pour 100 du volume total. Au bout de peu de temps, les nitrates disparurent et l'épuration fut arrêtée par colmatage des filtres. Ces mauvais résultats sont aussi observés avec certaines eaux de laiterie et de tannerie. A Hudson on peut établir une installation de dégraissage qui donnera peut-être un bénéfice. Il faut ajouter que, si ces eaux résiduaires qui portent le trouble dans l'épuration sont suffisamment diluées dans le volume total des eaux d'égout, leur action nuisible peut être assez atténuée pour que les effluents soient suffisamment épurés.

Parmi les différentes formes de bassins de décantation, l'auteur croit que les meilleurs résultats peuvent être obtenus en les construisant avec un fond pyramidal à côtés longitudinaux inclinés en pente raide, ou si le bassin est grand, une série de réservoirs de cette forme. On doit pouvoir en extraire les boues sans les vider. Les boues contiennent plus de 90 pour 100 d'eau; aussi sera-t-il avantageux de les presser si on doit les transporter au loin. On peut aussi les sécher: les poils facilitent la dessiccation, la chaux la retarde.

Il est aussi quelquefois utile de fractionner la décantation, comme pour les eaux de tannerie; on peut séparer la chaux des matières organiques : ces dernières ayant alors plus de valeur comme engrais.

Pour l'admission des eaux industrielles dans les égouts, il suffit de réduire à 300 milligrammes par litre le taux des matières en suspension et à 200 milligrammes par litre celui des matières grasses. On devra aussi neutraliser l'excès d'acidité ou d'alcalinité, en éliminer les produits antiseptiques, et rendre le débit aussi uniforme que possible, pour obtenir l'épuration du mélange de ces eaux et des eaux d'égout domestiques.

Les eaux résiduaires peuvent être divisées en trois classes :

1° Origine animale : tanneries, fabriques de colle, lavages de laines, laiteries;

2° Origine végétale : distilleries, brasseries, papeteries, travail du bois et de la paille;

5° Origine minérale : raffineries, usines à gaz, usines métallurgiques et fabriques de produits chimiques.

Tanneries. — Les eaux résiduaires contiennent une grande quantité de matières organiques en suspension et en solution, des poils et de la chaux. Une décantation de 24 heures et la filtration sur des matériaux fins, à un taux dépendant de la concentration du liquide, permettent d'obtenir une épuration satisfaisante. Les antiseptiques ou germicides, tel l'arsenic, doivent être éliminés au préalable, par exemple par filtration sur le fer qui fixe l'arsenic. La boue a peu de valeur comme engrais à moins d'être pressée.

Papeteries. — La décantation des eaux de lavage des pâtes permet de récupérer des produits de valeur. Les eaux des autres procédés peuvent être traitées par sédimentation, ou par précipitation chimique et filtration, ou par rapide filtration sur des lits peu épais de cendres ou de coke.

Laiteries. — Les eaux de lavage peuvent être épurées au taux de 28 litres par mètre carré de lit de sable de $1^{m},20$ de hauteur. L'acidité empêche la nitrification, et les acides gras du beurre, lorsqu'ils sont en quantité considérable, colmatent les filtres. Si le liquide est acide, il est utile d'y ajouter de la chaux.

Fabriques de papier de paille. — On fait décanter pendant une heure les eaux des bouilleurs dans un bassin vertical d'une capacité de 5500 litres par tonne de paille travaillée par jour. L'effluent est filtré mécaniquement, sans addition de coagulant, au taux journalier de 112 mètres cubes par mètre carré, le filtrat faisant retour aux bouilleurs.

Lavages de laines. — Les eaux de désuintage, mélangées à un volume suffisant d'eaux d'égout domestiques, peuvent être épurées par filtration intermittente sur sable, mais difficilement et à un taux très bas, à cause du colmatage des filtres. On doit éliminer au préalable les graisses et les matières en suspension. On peut clarifier par addition de chlorure de calcium

puis neutralisation par l'acide sulfurique pour séparer les graisses. La méthode la plus simple et la plus économique consiste à ajouter d'abord un léger excès d'acide sulfurique, puis on filtre le liquide surnageant sur des cendres; on enlève la boue qui, séchée et pressée à chaud, permet d'en retirer la graisse. Les eaux de lavage et de rinçage de la laine après désuintage peuvent être épurées, après mélange avec les eaux d'égout domestiques, sur filtres à sable de 1^{m},20 de hauteur.

Distilleries. — On peut avantageusement utiliser les vinasses pour la nourriture des bestiaux. On filtre les drèches et le liquide est évaporé; le tout est mélangé et séché. On peut aussi précipiter par l'alumino-ferric et la chaux, puis passage sur les filtres. L'action bactérienne sera facilitée par l'addition d'eaux d'égout domestiques.

Eaux ferrugineuses acides. — L'évaporation et la cristallisation permettent de récupérer avec profit les sels formés.

Épuration des eaux résiduaires industrielles et des eaux d'égout de Gloversville (N. Y.).

L'épuration particulièrement difficile des eaux d'égout de *Gloversville* a fait l'objet d'une étude de MM. Harrison P. Eddy et Morrell Vrooman, ingénieurs, et Harris B. Hommon, chimiste [1].

L'industrie principale de *Gloversville* (20 000 habitants environ) est la fabrication des gants, pour laquelle 26 tanneries préparent la peau ainsi que les cuirs très fins. Il y existe aussi une fabrique pour traiter les poils, résidus des tanneries, deux filatures de soie et une brasserie.

Les eaux résiduaires de ces industries, mélangées aux eaux ménagères, se jettent dans le Cayadutta qui reçoit aussi les eaux de la ville voisine, *Johnstown*, où se trouvent 24 tanneries. Par suite de l'accroissement des villes la pollution du cours d'eau augmente rapidement; aussi les plaintes des riverains

(1) *Eng. Rec.*, 22-29 janv. et 5 fév. 1910.

sont-elles fréquentes, d'autant plus que la dilution est très faible (2 fois pendant la saison sèche à 10 fois au printemps).

Les eaux d'égout par temps sec se composent pour 60 pour 100 des eaux domestiques et pour 40 pour 100 des eaux résiduaires industrielles. La composition anormale de ces eaux d'égout demandait une étude spéciale des conditions d'épuration.

Dans l'industrie du cuir on emploie une grande quantité de produits, matières et extraits tannants, matières colorantes, produits chimiques, etc.; la consommation de tous ces produits est à Gloversville de 3600 tonnes par an. Les eaux entraînent les produits chimiques usés, plus ou moins de réactifs, et aussi une grande quantité de poils, morceaux de chair et des poussières. La perte de poids des peaux pendant le travail est environ de 50 pour 100 et on peut admettre que 50 pour 100 des produits chimiques sont évacués dans les eaux résiduaires. Dans la seule fabrique où on traite les poils, on cherche à les retenir le mieux possible. D'après les analyses on peut dire que les tanneries rejettent 13 590 kilogrammes de matières par jour.

Les matières en suspension dans les eaux d'égout sont en si grandes quantités qu'il se produit un rapide envasement des égouts; aussi les usiniers ont-ils été contraints d'installer des bassins de décantation, de façon à les réduire le plus possible.

Pour cette étude on établit une station expérimentale composée d'une chambre à sable, d'un bassin de décantation, d'une fosse septique, de quatre lits bactériens percolateurs, deux bassins de décantation secondaires et deux filtres à sable intermittents. Un laboratoire chimique et bactériologique fut adjoint à la station.

Les lits bactériens circulaires étaient formés de pierres calcaires cassées de 37 à 50 millimètres de diamètre avec de plus gros morceaux au fond pour faciliter le drainage; la hauteur était de 3 mètres, 2^{m},10, 1^{m},50 et 1^{m},50 respectivement. L'eau d'égout était distribuée par un bec pulvérisateur type de *Columbus*, placé au centre de chaque lit. La hauteur des filtres à sable était pour l'un de 1^{m},20, pour l'autre de 1^{m},50, le sable étant de 0^{mm},376 de grosseur.

Pour éviter la rigueur du froid et la neige tous les appareils étaient recouverts par une construction en bois.

L'hiver est très rigoureux à *Gloversville*; la température tombe pendant cette saison au-dessous de — 28 degrés pendant 70 jours et de — 17° pendant 19 jours.

La composition moyenne des eaux d'égout est :

Azote organique	23	milligr. par litre.
Ammoniaque libre	12	—
Oxydabilité	95	—
Matières en suspension	406	—

Ces eaux, contenant des produits antiseptiques, se putréfient plus lentement que la plupart des eaux d'égout.

La décantation des matières en suspension se fit mieux dans le bassin de sédimentation que dans la fosse septique, car dans cette dernière, de faibles dimensions, les gaz en se dégageant soulevaient une partie de ces matières qui étaient entraînées par l'effluent. Cet effluent avait à peu près la même composition dans les deux cas.

Les fermentations dans la fosse septique étaient d'autant plus actives que la température extérieure était plus élevée.

Les quantités comparatives de boues accumulées en livres par million de gallons ont été les suivantes :

	Fosse septique.	Sédimentation.
Été	369	1025
Hiver	1751	1257

Mais si on tient compte des densités respectives, le volume des boues dans la fosse septique est réduit dans l'année de 26 pour 100, soit de 45,4 pour 100 en été et de 0,95 pour 100 en hiver.

Les conclusions sont les suivantes :

1° Les eaux d'égout de *Gloversville* peuvent être épurées par les procédés biologiques. L'effet des produits chimiques des eaux industrielles, bien que diminuant l'activité des germes microbiens, n'empêche pas d'obtenir le résultat désiré.

2° Pendant l'hiver, la température est très défavorable aux actions biologiques, et bien qu'on puisse obtenir l'épuration sans préserver l'installation contre le froid, le succès dans ce

cas paraît douteux. Si les filtres étaient couverts, l'épuration serait certaine pendant l'hiver.

3° Malgré la présence de produits chimiques, la concentration des matières et la basse température en hiver, on peut épurer 1122 litres d'eau d'égout par mètre carré de lit bactérien à percolation.

4° Il a été démontré que dans quelques cas il est possible de retenir environ 90 pour 100 des matières en suspension des eaux industrielles dans de petits bassins situés dans les usines, ce qui réduit la quantité à 300 milligrammes par litre.

5° Par sédimentation, comme traitement préliminaire, on recueille environ $1^{m^3},165$ de boues par 1000 mètres cubes d'eaux d'égout. Dans la fosse septique cette quantité peut être réduite de 30 pour 100 environ. L'effluent des filtres abandonne par décantation en moyenne $0^{m^3},550$ de matières en suspension par 1000 mètres cubes d'eau.

6° On n'a observé sur les matériaux filtrants aucun dépôt de chaux ou des autres produits chimiques de l'eau d'égout.

7° La couleur des eaux disparaît partiellement par sédimentation ou par séjour en fosse septique, et généralement d'une façon complète dans les filtres. Si elle persiste dans l'effluent des filtres, elle est retenue entièrement par les filtres à sable.

8° Il se répand quelques odeurs aux environs des sprinklers, odeurs rappelant celles de tannerie, mais n'étant pas d'un caractère de putréfaction désagréable.

Les auteurs ajoutent les recommandations suivantes :

Les eaux devront être préalablement décantées, puis distribuées sur des filtres de $2^m,10$ ou de $1^m,50$ de hauteur au taux de 1122 litres par mètre carré et par jour. L'effluent de ces filtres sera reçu dans des bassins de décantation de capacité telle que la quantité de matières en suspension dans l'effluent ne dépasse pas 30 milligrammes par litre. Si les filtres ont une hauteur de $1^m,50$, l'effluent de la 2e sédimentation sera de nouveau déversé sur des filtres à sable au taux de 1122 litres par mètre carré et par jour.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES PLANCHES, FIGURES ET GRAPHIQUES

PLANCHES

FIGURES

GRAPHIQUES

67850. — Imprimerie générale Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT

A LA MÊME LIBRAIRIE

Recherches sur l'épuration biologique et chimique des Eaux d'égout, *effectuées à l'Institut Pasteur de Lille et à la Station expérimentale de la Madeleine*, sous la direction du Dr A. CALMETTE.

Tome Ier avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol et du Pr A. Buisine. 1 vol. grand in-8° de v-194 pages, avec 39 figures et tracés dans le texte, et 2 planches hors texte (*épuisé*).

Tome II avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de IV-314 pages, avec 45 figures et de nombreux graphiques dans le texte, et 6 planches hors texte (*épuisé*).

Tome III avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de VIII-274 pages, avec 50 figures dans le texte. . . . . 8 fr.

Tome IV avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de IV-214 pages, avec 18 figures et 12 graphiques dans le texte et 5 planches hors texte . . . . 8 fr.

Tome V avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant, L. Massol. 1 vol. grand in-8° de IV-172 pages, avec figures et graphiques dans le texte et 4 planches hors texte . . . . 6 fr.

Tome VI avec la collaboration de MM. E. Rolants, E. Boullanger, F. Constant. 1 vol. grand in-8° de 288 pages, avec 32 figures, 34 graphiques dans le texte et 2 planches hors texte. . . . . 6 fr.

1er *Supplément*. — Analyse des Eaux d'égout, par E. ROLANTS. 1 vol. grand in-8° de IV-132 pages, avec 31 figures dans le texte. . . . . 4 fr.

Les Venins. *Les animaux venimeux et la sérothérapie antivenimeuse*, par le Dr A. CALMETTE. 1 volume grand in-8° avec 125 figures, relié toile. . . . . 12 fr.

L'Ankylostomiase, *maladie sociale* (*anémie des mineurs*), biologie, clinique, traitement, prophylaxie, par le Dr A. CALMETTE, avec la collaboration de M. BRETON, chef de clinique médicale à la Faculté de Médecine, assistant à l'Institut Pasteur de Lille; avec un appendice par E. FUSTER, secrétaire général de l'Alliance d'hygiène sociale. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte, cartonné toile. . . . . 5 fr.

69846. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

CAISSE NATIONALE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

RECHERCHES

SUR

L'ÉPURATION BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE

DES EAUX D'ÉGOUT

EFFECTUÉES A L'INSTITUT PASTEUR DE LILLE

ET A LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

PAR

LE D[R] A. CALMETTE

Membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine

ET

E. ROLANTS

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

Auditeur au Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

E. BOULLANGER

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille

F. CONSTANT

Préparateur à l'Institut Pasteur de Lille

SEPTIÈME VOLUME

PARIS

MASSON ET C[ie], ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1912

M. Pascalis dans son rapport présenté au nom de la Commission de Législation commerciale et industrielle, et adopté par la Chambre de commerce de Paris [1], que l'application de la loi n'apparaîtrait possible *qu'à la suite d'un ensemble d'études sur l'épuration des eaux dont les résultats, rendus publics, auraient la sanction de l'expérience.*

« Nous estimons, ajoute le rapporteur, qu'une enquête complète et détaillée sur la nature des résidus industriels et les traitements dont ils seraient susceptibles, devrait précéder toute mesure législative de cet ordre. »

Il est regrettable que ni la Chambre de commerce de Paris ni même son rapporteur n'aient eu connaissance des recherches que, depuis 1904, nous avons poursuivies sur ce sujet grâce au concours de la Caisse Nationale des Recherches Scientifiques. Dans les six volumes que nous avons publiés successivement, nous avons pris soin d'exposer, avec les résultats de nos travaux, ceux des chimistes, des ingénieurs sanitaires, des bactériologistes et des industriels étrangers. Nous avons décrit dans tous leurs détails les procédés d'épuration appliqués aux diverses eaux résiduaires industrielles et nous avons pris soin d'indiquer dans quelles conditions ou dans quelles circonstances tel ou tel de ces procédés devait être choisi.

Le côté économique de la question n'a jamais cessé de nous préoccuper, car nous n'ignorons pas de quels ménagements il convient d'entourer les industries qui font vivre les travailleurs et qui créent la richesse de la France. Aussi le principal objectif que nous avons toujours cherché à réaliser était-il de permettre aux industriels et aux villes d'épurer leurs eaux résiduaires avec le minimum de dépenses et en s'affranchissant de l'obligation de recourir à des systèmes ou à des appareils protégés par des brevets. Nous estimons, en effet, que s'il est juste qu'un inventeur tire le plus grand profit possible d'une idée dont l'application peut enrichir les industriels ou les commerçants qui la mettent volontairement en pratique, il serait injuste d'imposer aux industriels ou aux villes l'obligation de payer des droits de brevets pour assurer

[1] Séance du 14 juin 1911.

la protection des rivières ou des nappes souterraines et la sauvegarde de la santé publique, alors que cette protection ou cette sauvegarde ne leur procurent à eux-mêmes aucun bénéfice particulier.

Chacun peut donc trouver dans nos travaux et dans les publications qui les ont fait connaître les éléments d'information dont il a besoin et nous ne croyons pas téméraire d'affirmer qu'avec ces données, complétées par les quelques expériences de mise au point, toujours indispensables dans chaque industrie, *il n'y a pas d'eau résiduaire qui ne soit susceptible d'être épurée convenablement.* Avec un minimum de dépenses inévitables, tout industriel est sûrement en mesure de satisfaire aux conditions qui lui sont dictées par le projet de loi sur la conservation des eaux, et il est impossible de ne pas admettre la nécessité de garantir cette conservation, chaque citoyen étant également intéressé à protéger sa santé et ayant également besoin de puiser aux rivières ou aux nappes souterraines pour son alimentation ou pour le service de son industrie.

La réserve qui précède étant admise, nous ne faisons aucune difficulté à reconnaître le bien fondé de quelques-unes des critiques que la Chambre de commerce de Paris et l'Union des Fabricants de papiers de France ont formulées contre certaines dispositions du projet de loi. Aussi n'hésitons-nous pas à proposer les modifications de texte qui nous paraissent acceptables tout en garantissant le maintien des prescriptions essentielles.

Pour expliquer plus clairement en quoi consistent ces modifications, nous croyons utile de reproduire, précédé de son exposé des motifs, d'abord le texte élaboré par la Commission plénière du Ministère de l'agriculture, tel qu'il est présenté au Parlement, puis les critiques de la Chambre de commerce de Paris et celle de l'Union des Fabricants de papiers de France, et enfin le texte de conciliation qui nous paraîtrait devoir être adopté par le Parlement.

CHAMBRE DES DÉPUTÉS
DIXIÈME LÉGISLATURE. — SESSION EXTRAORDINAIRE DE 1910

Annexe au Procès-Verbal de la 2e Séance du 24 Décembre 1910

PROJET DE LOI

RELATIF AUX

MESURES A PRENDRE CONTRE LA POLLUTION

ET EN VUE DE LA

CONSERVATION DES EAUX

PRÉSENTÉ

au nom de M. ARMAND FALLIÈRES, Président de la République
par M. RAYNAUD, Ministre de l'Agriculture
et par M. LOUIS PUECH, Ministre des Travaux Publics
des Postes et des Télégraphes

EXPOSÉ DES MOTIFS

Messieurs,

La pollution sans cesse croissante des eaux ne constitue pas seulement un danger pour la salubrité, elle menace encore de compromettre l'utilisation des ressources hydrauliques de notre territoire. Depuis quelques années, de toutes les régions, s'élèvent des plaintes justifiées contre cette situation désastreuse et il importe d'y porter promptement remède dans l'intérêt de la santé et de la richesse publiques. Souillées par les déchets de la vie humaine, par les résidus de l'industrie qui y sont apportés par les égouts ou qui y sont déversés directement, les eaux de la plupart de nos rivières perdent leur pureté naturelle, deviennent impropres aux multiples usages auxquels elles devraient pouvoir servir et constituent même assez souvent des foyers d'épidémies. Le mal n'est d'ailleurs pas limité aux eaux superficielles et les causes de contamination des eaux souterraines augmentent tous les jours, au moment même où l'emploi des eaux de cette provenance prend une importance de plus en plus grande et s'étend de l'alimentation publique à l'indus-

trie, aux besoins agricoles et domestiques des populations rurales.

Chargé d'assurer la police et la conservation des eaux non domaniales, de diriger toutes ces eaux vers un but d'utilité générale, le Ministère de l'Agriculture ne pouvait manquer de se préoccuper de chercher à mettre fin aux inconvénients de toutes natures que présente leur pollution. Tout d'abord, dans tous les départements, les préfets ont édicté des règlements de police sur les cours d'eau non navigables, dont les dispositions sont conformes à un modèle que la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations Agricoles a préparé pour remplacer, en le complétant, celui qui avait été abrogé précédemment comme ne concordant plus avec la loi du 8 avril 1898 sur le régime des eaux. Entre autres prescriptions, ces arrêtés préfectoraux réglementaires soumettent à l'autorisation administrative tous les déversements et interdisent ceux qui sont susceptibles de nuire *à la salubrité, à l'écoulement ou à l'utilisation des eaux*. La circulaire qui accompagnait et commentait le modèle de règlement de police [1] faisait d'ailleurs ressortir qu'il n'est pas moins essentiel pour l'intérêt général de préserver les eaux de la contamination que d'assurer leur libre écoulement, et elle recommandait aux ingénieurs du service hydraulique de veiller avec le plus grand soin à la stricte observation des précautions destinées à sauvegarder la pureté des rivières.

Cependant, l'Administration se rendait parfaitement compte des difficultés que rencontrerait dans la pratique l'application des dispositions qu'elle venait de prescrire, et pour en obtenir tous les effets possibles, elle jugea qu'il y aurait un sérieux intérêt à régler d'une manière toute spéciale la procédure à suivre en ce qui concerne les déversements opérés par les égouts et par les établissements classés comme dangereux, insalubres ou incommodes. Des mesures particulières étaient indiquées dans ces deux cas, d'une part parce que ces déversements constituent les causes principales de ces contaminations, d'autre part, parce que l'intervention administrative devant nécessairement s'exercer pour autoriser les égouts et les établissements classés, il est possible de profiter de cette circonstance pour réglementer parallèlement leurs évacuations dans les rivières.

Le Ministre de l'Agriculture s'est donc entendu avec le Ministre de l'Intérieur en ce qui concerne les égouts communaux, et avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie en ce qui touche les établissements classés, pour fixer les formalités à observer pour la réglementation par le service hydraulique des déversements dans les cours d'eau non navigables des eaux usées qui en proviennent. Une circulaire du 20 août 1906 a porté à la connaissance des préfets cette procédure qui permet de réduire autant que possible

(1) Voir ces *Recherches*, vol. III, p. 246.

les formalités tout en donnant à l'Administration plus de facilités pour exercer son contrôle.

L'effort ainsi tenté par le Département de l'Agriculture pour protéger les eaux non domaniales dont il a la gestion ne fut pas limité aux cours d'eau non navigables ; il s'étendit aux eaux souterraines. Depuis plusieurs années déjà, la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations Agricoles procède, avec le concours du comité d'études scientifiques institué auprès d'elle, à un inventaire des richesses hydrauliques du sous-sol, en vue de déterminer leur importance si mal connue et de faciliter leur utilisation ; la préservation des ressources aquifères dont elle s'efforce de développer la mise en valeur s'imposait donc à sa vigilance. En vue d'atteindre les causes de contamination en dehors des périmètres de protection des eaux servant à l'alimentation, qui peuvent être constitués en vertu de la loi sur la santé publique, le Ministre de l'Agriculture s'est mis d'accord avec le Ministre de l'Intérieur pour que les opérations d'épandage effectuées par les communes soient réglementées à la suite de conférences entre les ingénieurs du service hydraulique et les représentants des services municipaux intéressés. A la suite de cette entente, la circulaire du 20 août 1906, dont il a été déjà parlé, a donné aux préfets des instructions qui indiquent les moyens de mettre les eaux souterraines et les sources à l'abri des inconvénients d'entreprises dont la nocivité peut être particulièrement redoutable,

Les mesures qui viennent d'être indiquées ont rencontré, dès qu'elles ont été prises, une approbation qui témoigne de l'étendue du mal dont les usagers des eaux ont à souffrir. De toutes parts. dans des Congrès, dans des réunions d'associations, dans des brochures, les hygiénistes, les industriels, les agriculteurs, les pêcheurs furent unanimes pour donner leur adhésion à la réglementation édictée par le Ministre de l'Agriculture et pour lui demander de poursuivre sans relâche la lutte contre la pollution des eaux. Malheureusement, l'expérience a démontré que les nouvelles prescriptions ne pouvaient à elles seules apporter un remède satisfaisant, et l'Administration a rapidement reconnu qu'il était indispensable de les compléter sur différents points et de trancher certaines difficultés rencontrées dans leur application : en particulier, l'absence de sanctions suffisantes risquait de rendre stérile l'œuvre entreprise. Il était d'ailleurs impossible, pour y suppléer, de faire appel à d'autres dispositions des lois en vigueur, car ces lois ne peuvent, comme le démontreront les explications détaillées données plus loin, fournir pratiquement les moyens de répression qui sont nécessaires. Si l'on veut obtenir les heureux résultats qu'on s'était efforcé de réaliser, il faut atteindre les auteurs des déversements nuisibles avec assez d'énergie pour que les précautions prises dans le but d'éviter la souillure des eaux soient exactement respectées.

L'intervention du Parlement s'impose donc pour pouvoir frapper les délinquants de pénalités sévères. Les problèmes à résoudre sont d'ailleurs si nombreux et si complexes, les intérêts à concilier sont si divers qu'une législation spéciale peut seule permettre d'assurer efficacement la protection des eaux. L'exemple des nations étrangères renseigne utilement à cet égard.

En Angleterre, où la question de la contamination des ressources aquifères émeut tout particulièrement l'opinion publique, sont intervenues, depuis 1865, une série de lois réglementaires, parmi lesquelles il faut citer, à cause de son importance exceptionnelle, « The river's pollution presentation act 1876 », dont les prescriptions ont été arrêtées en s'inspirant des travaux d'une grande Commission contre la pollution des rivières (« River's pollution Commission »). Cette réglementation était à peine en vigueur que l'on se préoccupait de la perfectionner, et les recherches se poursuivent encore actuellement dans ce sens. La législation anglaise, déjà très stricte, doit encore être rendue plus étroite, et le fait est d'autant plus caractéristique que les usages de ce pays sont hostiles à l'intervention administrative, qu'ils laissent en général aux particuliers le soin de recourir après coup aux tribunaux lorsqu'un dommage leur est causé. Aux États-Unis, les législations des divers États renferment des dispositions souvent très étendues pour s'opposer à la contamination des eaux. En Allemagne, les lois diffèrent suivant les pays. La loi générale sur les eaux du royaume de Wurtemberg, en date du 1er décembre 1900, renferme, en vue de remédier à la pollution, de nombreux articles qui sont commentés et renforcés par une ordonnance du 16 novembre 1901. En Prusse, une ordonnance très complète du 20 février 1910 a réglementé la matière en attendant le vote d'un projet de loi en préparation. Dans les autres États allemands, comme dans les autres nations de l'Europe, la législation, quoique moins étendue, se préoccupe également de la protection des eaux.

Ainsi, les exemples de l'étranger conduisent, comme les leçons tirées en France de l'application des mesures prises par le service hydraulique, à reconnaître la nécessité de soumettre au Parlement un projet de loi pour défendre les eaux contre la pollution. Dans le but de préparer le texte de ce document, une Commission a été instituée auprès de la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations Agricoles par un décret du 22 mars 1907 rendu sur la proposition de M. Ruau, Ministre de l'Agriculture. Dans cette Commission ont été groupés tous les éléments susceptibles de donner un avis éclairé sur les questions si délicates à résoudre : à côté de membres du Parlement, de fonctionnaires de différentes Administrations compétentes, de jurisconsultes, prirent place des techniciens de divers ordres (hygiénistes, bactériologistes, chimistes, géologues, etc.), et des représentants des multiples intérêts en

cause (industriels, agriculteurs, pêcheurs, etc.). En traçant à la Commission le programme détaillé de ses travaux, l'Administration ne lui signalait pas seulement la nécessité d'obvier à l'insuffisance des moyens de répression dont elle dispose, elle insistait encore sur l'intérêt capital qui s'attacherait à *prévenir* les opérations nuisibles. Elle lui recommandait encore de s'efforcer, avant tout, de mettre un terme à la contamination sans cesse croissante des eaux *sans imposer aux communes et à l'industrie des charges inacceptables*, car elle estimait cette condition indispensable pour aboutir à une œuvre viable.

La Commission, pour mener à bien la mission si difficile qui lui était confiée, s'est divisée en Sous-Commission de législation et d'administration et en Sous-Commissions techniques. A la Sous-Commission de législation devait incomber le soin d'établir un projet de loi, tandis que les sections techniques étaient chargées d'élucider les questions d'ordre technique dont la solution est indispensable pour permettre de prendre les mesures réglementaires qui doivent compléter la loi à intervenir et assurer son application. Les travaux de ces Sous-Commissions se sont poursuivis parallèlement sans relâche pendant plus de trois ans.

Les dispositions élaborées par la section de législation (¹) ont été revisées et amendées par la Commission plénière, en tenant compte notamment des observations formulées par les sections techniques qui, dans leur examen des mesures proposées, s'étaient surtout préoccupées de leurs facilités d'application.

Ce projet de loi « contre la pollution et en vue de la conservation des eaux non domaniales » (²) répondait parfaitement aux vues que

(¹) La section de législation, après une étude approfondie des divers projets de loi dont elle était saisie, a pris pour base de ses travaux les propositions formulées par l'Administration. Après avoir longuement discuté le projet préparé par cette dernière, elle a chargé un Comité de rédaction du soin de le revoir dans tous ses détails et elle a revisé le texte que ce Comité avait préparé en s'inspirant des observations présentées au cours de la discussion générale.

Pour tenir le plus grand compte des nécessités de la pratique, le Comité de rédaction avait été formé, en dehors de jurisconsultes et de représentants de l'Administration, de techniciens de divers ordres et de représentants des intérêts industriels. Il était ainsi composé : MM. Salles, inspecteur général des ponts et chaussées, président de la Commission de l'hydraulique, *président*; Bonjean, chimiste, membre et chef du laboratoire du Conseil supérieur d'hygiène publique de France; Bellanger, président de l'Association des établissements classés de France; Dabat, directeur de l'hydraulique et des améliorations agricoles; Defert, avocat au Conseil d'État et à la Cour de cassation; Martel, géologue, membre du Conseil supérieur d'hygiène publique de France; Ory, président du Consortium d'assainissement du Nord; Pascalis, président du Syndicat des produits chimiques; de Thélin, inspecteur général de l'Hydraulique; Thérel, préfet de l'Yonne; Thibault, chef de bureau à la Direction de l'hydraulique; Troté, ingénieur des ponts et chaussées, chef du service technique hydraulique, *rapporteur*.

(²) Les lois des 22 décembre 1789-janvier 1790 et du 8 avril 1898, qui ont

l'Administration avait exprimées au début des travaux de la Commission.

Avant de saisir les Chambres de ce projet de loi, le Ministre de l'Agriculture l'a soumis, d'une part, au Ministre de l'Intérieur qu'il intéresse doublement au point de vue de ses conséquences pour l'hygiène publique et de sa répercussion sur les finances communales; d'autre part, au Ministre du Commerce et de l'Industrie, qu'il concerne en ce qui touche les sujétions imposées à l'industrie. Ces deux Administrations ont donné leur adhésion complète et sans réserve aux dispositions projetées, à l'élaboration desquelles leurs représentants avaient, d'ailleurs, participé.

Le dépôt du projet de loi devant le Parlement allait être effectué lorsque M. le Ministre des Travaux publics exprima le désir qu'il lui fût communiqué en vue d'examiner s'il ne serait pas possible d'adopter une législation uniforme sur toutes les rivières, qu'elles fussent navigables ou non. Le projet de loi préparé par le Département de l'Agriculture ne s'appliquait, en effet, qu'aux eaux non domaniales dont il a gestion (cours d'eau non navigables, eaux souterraines), et il lui avait paru, pour de multiples raisons, qu'un projet de loi spécial devrait régler la question de la protection des cours d'eau du domaine public.

Tout d'abord, les différences entre le régime légal des deux catégories de cours d'eau sont si profondes qu'il semblait difficile de prendre des mesures d'ensemble : c'est d'ailleurs à cette conclusion que sont arrivés le Parlement, comme les deux Départements ministériels intéressés, lorsqu'il s'est agi de modifier la législation en vigueur en ce qui touche les usines hydrauliques.

D'autre part, la nécessité de remédier à la pollution des eaux présente une importance primordiale pour les eaux non domaniales. La loi sur la santé publique ne permet de sauvegarder que très imparfaitement la pureté des eaux souterraines, et il importe d'autant plus de la défendre que les difficultés rencontrées pour déverser dans les rivières les eaux usées de toute nature conduisent inévitablement les industriels comme les villes à chercher à s'en débarrasser dans les profondeurs du sol.

Le problème n'est pas moins capital sur les cours d'eau non navigables pour de multiples raisons : leur développement est incomparablement supérieur à celui des rivières navigables puisque

chargé l'autorité administrative de la conservation des rivières, ne se sont pas moins préoccupées de les protéger au point de vue de leur qualité que de leur quantité et elles ont entendu empêcher que leur cours naturel ne puisse être détourné (conservation du lit) que leur pureté ne puisse être compromise (conservation des eaux). Dans ces conditions, il a paru que, pour synthétiser les dispositions nouvelles, il convenait d'indiquer qu'elles étaient destinées à la fois à combattre la pollution des eaux et à assurer leur conservation, comme l'avait déjà prescrit la législation antérieure.

le réseau des voies de navigation comprend 7980 kilomètres, alors que les autres cours d'eau s'étendent sur 270 000 kilomètres et leur faible débit rend beaucoup plus facile leur contamination par les évacuations des égouts et des établissements industriels. De plus, il convient de remarquer que la lutte contre la pollution présente, en dehors de son intérêt pour la salubrité et pour la pêche, commun à toutes les eaux du territoire, une nécessité spéciale pour les rivières non domaniales, qui sont particulièrement utilisées pour l'alimentation, pour l'agriculture et pour l'industrie.

Enfin, il faut ajouter que pour ne pas perdre le fruit des mesures déjà prises par le service hydraulique, il est essentiel que les dispositions législatives destinées à les compléter et à permettre d'en tirer efficacement parti ne se fassent pas attendre; en compliquant le problème à résoudre, on risquait de retarder des réformes qu'il est urgent de faire aboutir.

A la suite de l'examen auquel il a procédé, M. le Ministre des Travaux publics a reconnu que les avantages d'une législation commune aux deux catégories de cours d'eau étaient tels qu'il n'y avait pas lieu de s'arrêter aux difficultés que soulevaient les divergences de leur législation, notamment en ce qui touche l'ordre des tribunaux chargés de réprimer les infractions commises. Il a donc admis que le texte préparé par l'Administration de l'Agriculture devait être étendu aux cours d'eau navigables, sauf à y apporter les simples changements de pure forme que nécessitait cette extension.

Le Ministre de l'Agriculture ne pouvait, dans ces conditions, que donner son adhésion à la proposition de son collègue de s'associer à l'œuvre qu'il avait entreprise, et à se féliciter d'une entente qui, en réunissant les efforts des deux Administrations intéressées, facilitera l'adoption par le législateur des mesures qui s'imposent.

Le projet de loi qui est actuellement déposé ne vise donc plus seulement les eaux *qui ne font pas partie du domaine public*; il est relatif « aux mesures à prendre *contre la pollution et en vue de la conservation des eaux* » : il s'applique à la fois aux *eaux souterraines, aux cours d'eau non navigables ni flottables, aux rivières navigables et flottables*. Son texte ne diffère, d'ailleurs, de celui proposé par la Commission instituée par le décret du 22 mars 1907 auprès de la direction de l'Hydraulique et des Améliorations Agricoles, que par les changements de rédaction nécessaires en vue d'étendre aux rivières du domaine public les articles relatifs aux cours d'eau non navigables.

Pour justifier les dispositions prévues, il est indispensable de faire ressortir tout d'abord que la législation actuelle ne peut fournir les moyens de combattre la contamination des eaux en envisageant séparément les eaux non domaniales (cours d'eau non navigables, eaux souterraines) et les eaux domaniales (rivières

navigables et flottables). Les bases de la nouvelle législation seront ensuite discutées de façon à permettre de mieux apprécier par une étude d'ensemble le but et l'efficacité des mesures proposées. Enfin, les divers articles du projet de loi soumis au Parlement seront analysés et commentés successivement.

Insuffisance de la Législation actuelle pour protéger les Eaux contre la pollution.

EAUX NON DOMANIALES

COURS D'EAU NON NAVIGABLES NI FLOTTABLES

Déversements particuliers. — Si l'on se préoccupe tout d'abord des déversements nuisibles effectués par des particuliers, on constate que leur répression est avant tout arrêtée par l'inefficacité de sanctions applicables dans la législation existante. Les pénalités encourues sont en effet, ou insignifiantes, ou si sévères qu'elles ne sont pas pratiquement appliquées. Les diverses lois ou règlements en vigueur dont l'application peut être envisagée sont les suivants : règlements de police sur les cours d'eau non navigables ni flottables; lois du 5 avril 1884 sur l'organisation municipale et du 21 juin 1898 sur la police rurale; loi du 15 février 1902 sur la santé publique; législation concernant la pêche; décret du 15 octobre 1810, sur les établissements classés comme dangereux, incommodes ou insalubres.

Les règlements de police sur les cours d'eau non navigables édictés dans les conditions qui ont été indiquées précédemment à la suite de la loi du 8 avril 1898 sur le régime des eaux, renferment des prescriptions dont l'observation suffirait à protéger ces cours d'eau contre la pollution. Mais celles-ci n'ont d'autres sanctions que les peines prévues par l'article 471, § 15, du Code pénal, c'est-à-dire une amende insignifiante de 1 à 5 francs.

Il n'est pas possible de tirer un meilleur parti des lois du 5 avril 1884, sur l'organisation municipale, du 21 juin 1898 sur la police rurale et du 15 février 1902 sur la santé publique. Les deux premières donnent aux maires le droit d'intervenir en faveur de la salubrité, mais celle-ci n'est en général sérieusement menacée que dans les cas où les matières déversées sont très putrescibles et où les eaux qui les reçoivent sont stagnantes. D'autre part, les seules dispositions de la loi sur la santé publique permettant d'assurer la protection des eaux courantes sont celles relatives aux règlements sanitaires municipaux dont les modèles types préparés par le Ministre de l'Intérieur, renferment un article interdisant l'évacua-

tion des vidanges dans les rivières. Ces prescriptions ont été édictées beaucoup plus dans un but d'hygiène générale que pour sauvegarder les cours d'eau. Leur application comme celle des lois du 5 avril 1884 et du 21 juin 1898, appartient aux maires, qui, sauf des cas exceptionnels, ont une répugnance manifeste à sévir. Auraient-ils d'ailleurs la volonté de réprimer les déversements nuisibles, que leurs arrêtés n'auraient, comme le règlement de police, d'autre sanction que l'article 471 du Code pénal.

Si l'on passe à l'examen de la législation sur la pêche, on voit qu'en pratique, elle n'offre pas de moyens plus énergiques de répression. L'article 25 de la loi du 15 avril 1829 qui a abrogé les anciens règlements relatifs à la pêche, punit d'une amende de 30 à 100 francs et d'un emprisonnement de un à trois mois celui qui a jeté des drogues ou appâts de nature à enivrer le poisson ou à le détruire. Bien que l'exposé des motifs et la discussion de la loi de 1829 montrent de la manière la plus nette que l'article 25 ne vise que la répression des procédés illicites de pêche, la jurisprudence, après de longues hésitations, a fini par admettre que ces dispositions s'appliquaient aux déversements industriels. Mais en présence du paradoxe légal qui punit de prison celui qui détruit le poisson, et qui ne frappe que d'une amende dérisoire celui qui peut menacer la santé humaine ou compromettre l'agriculture et l'industrie, les tribunaux ne consentent que d'une façon exceptionnelle à faire application de l'article 25 aux industriels. Cette résistance de l'autorité judiciaire jointe à la sérieuse difficulté de faire la preuve que la mortalité constatée chez les poissons provient des déversements opérés par une usine déterminée a eu pour effet de faire, pour ainsi dire, renoncer les services chargés de pêche à chercher à appliquer la loi de 1829 aux évacuations industrielles. Sauf des cas exceptionnels, la protection du poisson contre la pollution des eaux est actuellement demandée à des arrêtés préfectoraux pris en vertu du décret du 5 mars 1897, interdisant l'évacuation des matières susceptibles de nuire aux poissons et ces arrêtés n'ont eux aussi d'autre sanction que celle prévue par l'article 471 du Code pénal.

Il reste enfin à envisager l'application du décret du 15 octobre 1810 sur les établissements classés comme dangereux, incommodes ou insalubres. Les dispositions insérées dans les arrêtés d'autorisation des établissements classés ne concernent en principe que les précautions à prendre pour remédier aux risques du voisinage et les mesures qu'elles peuvent prescrire en ce qui touche l'épuration des résidus industriels ne visent pas directement la protection des cours d'eau où ils peuvent être déversés. Mais, à la suite de l'accord intervenu entre le Ministre de l'Agriculture et le Ministre du Commerce et de l'Industrie et dont la portée a été indiquée précédemment, la procédure nouvelle adoptée permet de statuer

simultanément sur l'autorisation concernant l'établissement projeté et sur celle relative à l'évacuation dans une rivière des eaux usées. Il est ainsi possible d'atteindre la violation des conditions imposées pour le déversement des mêmes sanctions que celles qui peuvent être appliquées si l'industriel n'observe pas les autres prescriptions de son autorisation. Quelles sont ces sanctions? D'une manière générale celle que prévoit l'article 471, § 15, pour la violation des règlements régulièrement faits, c'est-à-dire encore une fois la même que celle dont dispose le service hydraulique pour réprimer les infractions commises aux règlements de police sur les cours d'eau non navigables. Il est vrai que le décret du 15 octobre 1810 donne à l'Administration le pouvoir de retirer l'autorisation accordée, mais cette pénalité qui entraînerait le chômage des nombreux ouvriers occupés dans la manufacture nuirait à l'intérêt général en frappant l'industriel, de telle sorte qu'elle n'est pour ainsi dire jamais appliquée.

En résumé, des indications précédentes il résulte incontestablement que les dispositions des lois et règlements en vigueur ne peuvent permettre en pratique d'atteindre les auteurs des déversements nuisibles avec assez d'énergie pour que les mesures prises dans l'intérêt de la conservation des eaux soient respectées.

Égouts communaux. — Les évacuations des eaux usées des communes sont moins nombreuses que celles provenant de l'industrie, mais, étant données leur importance et leur nature, elles constituent l'une des causes principales de pollution des cours d'eau. A la suite des accords intervenus entre le Ministre de l'Agriculture et le Ministre de l'Intérieur et dont il a déjà été parlé, l'établissement des égouts demeure surbordonné aux conditions qui sont reconnues nécessaires par le service hydraulique pour sauvegarder les cours d'eau où ces ouvrages aboutissent; en théorie, les évacuations de sewages communaux à l'état brut peuvent donc être évitées, mais en pratique il est souvent difficile d'obtenir que les communes n'échappent pas à l'obligation d'épurer leurs eaux.

Pour les y contraindre on ne saurait songer à l'application de l'article 9 de la loi sur la santé publique qui permet dans certains cas l'exécution d'office des travaux destinés à l'évacuation des eaux usées. L'intervention administrative ne peut en effet s'exercer que si la mortalité dans la commune a dépassé pendant trois ans le chiffre de la mortalité moyenne de la France et les déversements des eaux usées peuvent présenter les plus graves inconvénients sans que les conditions sanitaires de la commune soient aussi mauvaises. Il ne serait pas en général plus pratique d'avoir recours aux articles 35, 36 et 37 de la loi de 1807 qui donnent le droit au Gouvernement d'ordonner les travaux de salubrité qui intéressent les villes et les communes et mettent les dépenses à la charge de

celles-ci. Il a bien été fait une application intéressante de cette loi à l'assainissement de l'Espierre qui reçoit les égouts des villes de Roubaix et de Tourcoing, mais ces mesures de coercition n'ont été adoptées qu'à la suite des plaintes incessantes de la Belgique où cette rivière coule à sa sortie de France. De plus, l'opération, étant donnée l'infection des eaux de l'Espierre, présentait nettement un caractère de salubrité que l'on ne pourrait mettre en avant toutes les fois qu'il serait nécessaire d'obliger une commune à épurer l'effluent de ses égouts.

Pas plus que la loi de 1902, la loi de 1807 ne peut donc donner les moyens de contrainte indispensables et en fait l'Administration est actuellement désarmée à l'égard des communes comme vis-à-vis des particuliers.

EAUX SOUTERRAINES

Les difficultés soulevées pour la protection des eaux souterraines sont encore plus nombreuses que celles rencontrées pour la préservation des cours d'eau. Les dispositions existantes sont en effet dépourvues de sanctions sérieuses et elles ont le grave inconvénient de laisser le plus souvent à l'autorité municipale le soin de prendre les mesures nécessaires. De plus, les prescriptions en vigueur sont insuffisantes si l'on veut remédier efficacement aux causes de pollution.

Pour justifier ces conclusions, il suffit de rappeler l'état présent de la législation. La loi du 15 février 1902 s'est efforcée de sauvegarder les eaux souterraines destinées à l'alimentation publique. L'article 10 prévoit la constitution de périmètres de protection où il est interdit de répandre des engrais humains et de forer les puits sans l'autorisation du Préfet. L'article 28 interdit l'abandon de cadavres d'animaux, de débris de boucherie, fumiers, matières fécales, et en général de résidus animaux putrescibles, dans les failles, gouffres, bétoires et excavations. D'autre part, le modèle de règlement sanitaire communal applicable aux villes, préparé par le Ministre de l'Intérieur, défend l'évacuation des eaux usées des habitations dans les puits et puisards absorbants.

La loi sur la police rurale contient également quelques prescriptions utiles pour préserver les eaux du sous-sol. L'article 19 prévoit que, en cas d'insalubrité constatée par la Commission sanitaire, le maire devra ordonner la suppression des fosses à purin non étanches et des puisards d'absorption. Sur l'avis de la même Commission, le maire peut interdire les dépôts de vidange ou de gadoues qui seraient de nature à compromettre la santé publique.

A l'exception de l'article 28 de la loi du 15 février 1902 [1] les

[1] L'article 28 punit des peines portées aux articles 479 et 480 du Code pénal (11 francs à 15 francs d'amende, emprisonnement pouvant aller à

dispositions précédentes n'ont comme sanction que l'article 471, § 15 du Code pénal, dont l'insuffisance a déjà été signalée à plusieurs reprises.

De plus la plupart des prescriptions existantes ont le défaut d'être confiées à la discrétion de l'autorité locale. Les maires sont peu disposés à appliquer des mesures dont ils n'apprécient pas toujours la nécessité et ils ne peuvent d'ailleurs que rencontrer les plus grandes difficultés pour exercer leur action.

Enfin, pour en finir avec les inconvénients de l'état de choses actuel, il reste à montrer que la constitution des périmètres de protection prévus par la loi de 1902 ne peut assurer que d'une manière très imparfaite la préservation des eaux souterraines. Tout d'abord la surface où l'épandage des engrais humains est interdit est nécessairement assez limitée; les germes de pollution existant en dehors de ce périmètre subsistent donc et ils ne sauraient être négligés, car les études faites en France et à l'étranger sur la circulation souterraine des eaux démontrent, comme l'expérience, que les causes de contamination exercent leur action à des distances très lointaines.

D'autre part, à l'intérieur même du périmètre, les dangers résultant de l'évacuation des résidus industriels ne sont pas évités, et si des précautions convenables ne sont pas prises, cette situation peut présenter de sérieux dangers. Les substances toxiques provenant des déchets de l'industrie dissoutes par les eaux pluviales qui traversent le sol parviennent en effet le plus souvent aux ressources aquifères sans que le filtrage des couches souterraines ait exercé sur elles une action efficace. Arrivant dans des eaux dont la vitesse est très réduite, ne s'y diluant pas, ces principes nuisibles conservent presque indéfiniment leur action et risquent de causer les plus graves préjudices aux populations qui utilisent ces eaux.

Aux considérations précédentes, il faut ajouter que, quelle que soit l'efficacité des périmètres de protection, ils ne peuvent être constitués que pour sauvegarder les eaux d'une provenance déterminée, destinées à l'alimentation d'une commune, mais qu'ils ne sauraient empêcher que les eaux souterraines envisagées dans leur ensemble ne puissent être contaminées.

Il importe cependant de conserver à ces eaux leur qualité naturelle et c'est aux principales causes de contamination elles-mêmes qu'il faut remédier pour obtenir pratiquement ce résultat. Un premier pas a déjà été fait dans cette voie : conformément à l'entente intervenue entre le Ministre de l'Intérieur et le Ministre de l'Agriculture, qui a été signalée à plusieurs reprises, les projets commu-

5 jours) l'introduction de matières excrémentielles dans les sources, fontaines, conduites, etc., et des peines portées à l'article 257 (emprisonnement de 1 à 2 ans, amende de 100 francs à 500 francs) l'abandon *volontaire* de matières putrescibles dans les failles, gouffres, etc.

naux d'épandage doivent être soumis, avant leur exécution, au service hydraulique qui examine, de concert avec les représentants du service municipal, les meilleurs moyens pour préserver les eaux souterraines. Les conditions reconnues nécessaires à cet égard sont insérées dans l'acte déclarant d'utilité publique les travaux. Cette procédure permettrait de remédier à l'une des causes les plus graves de contamination si elle n'était, comme on l'a expliqué plus haut à propos des égouts, dépourvue de sanctions; elle laisse en tous cas subsister les nombreuses autres sources de pollution que la législation actuelle ne permet pas d'atteindre.

EAUX DOMANIALES

COURS D'EAU NAVIGABLES ET FLOTTABLES

Déversements particuliers. — L'administration des Travaux publics dispose de nombreuses lois pour assurer, sur les rivières navigables et flottables, la conservation du domaine et l'exercice de la navigation : par contre, elle se trouve à peu près désarmée, lorsqu'il s'agit de la pollution des eaux. Les textes antérieurs à la Révolution et confirmés par la loi des 19-22 juillet 1791 sont nombreux : ordonnance royale d'août 1669, ordonnance royale du 27 juillet 1725, arrêt du Conseil d'État du 24 juin 1777; mais ils ne permettent de réprimer que les empiétements, dommages et contraventions concernant soit le domaine public ou ses dépendances, soit la navigation. Les actes postérieurs à la révolution en dehors de la législation sur la pêche, notamment la loi des 28 septembre-6 octobre 1791, l'arrêté du Directoire du 19 ventôse an VI, les décrets du 18 août 1810, 16 décembre 1811, 10 avril 1812, la loi du 25 mars 1842, présentent tous également le même caractère. Il n'y a pas longtemps que le Conseil de préfecture d'un de nos grands départements industriels avait renvoyé, des fins de la poursuite engagée contre eux, des manufacturiers qui avaient déversé des eaux résiduaires dans un canal, par ce motif que les eaux évacuées étaient incapables de porter atteinte à la navigation et aux ouvrages d'art [1]. Il est vrai que le Conseil d'État a annulé la décision du Conseil de préfecture, mais il l'a fait parce que les résidus industriels avaient produit dans le canal un envasement de nature à en embarrasser et à en rétrécir le lit [2]. Ainsi donc, la pollution même des eaux n'est pas directement atteinte et, si les déversements nuisibles n'ont pas pour effet de nuire à la conservation de la voie navigable ou de gêner la navigation, ils échappent aux moyens de répression dont dispose l'Administration, en dehors des lois sur la pêche et sur la santé publique.

(1) Conseil de préfecture du Nord, janvier 1907.
(2) Conseil d'État, 17 janvier 1908.

Les explications données en ce qui touche les cours d'eau non navigables montrent, d'ailleurs, que ces deux législations sont impuissantes pour permettre de lutter efficacement contre la contamination des rivières.

Égouts. — La jurisprudence a reconnu que le principe de la personnalité des peines ne s'oppose nullement à ce que des contraventions soient dressées contre des communes qui effectueraient des déversements nuisibles aux rivières, en vue d'obtenir la réparation des dommages causés ([1]). Mais là encore le seul intérêt pris en considération est celui de la navigation, et la contamination des eaux ne saurait servir de base aux poursuites. Une circulaire du Ministre des Travaux publics en date du 8 janvier 1907 a demandé aux ingénieurs de lui faire connaître les villes pratiquant le tout-à-l'égout avec évacuation finale dans les rivières navigables et flottables ainsi que les plaintes formulées contre ces opérations, et les moyens susceptibles de remédier à la situation actuelle. Mais, en l'état de la législation, les mesures à prendre ne pourraient être imposées aux communes qu'en triomphant des difficultés qui ont été signalées pour les cours d'eau non navigables.

Sur les rivières du domaine public comme sur les cours d'eau qui n'en font pas partie, l'Administration est actuellement désarmée à l'égard des communes comme vis-à-vis des particuliers.

BASES DU PROJET DE LOI

Ainsi que l'a fait ressortir le long exposé qui précède, si les efforts de l'Administration demeurent impuissants pour combattre la pollution des eaux, c'est principalement parce que les lois en vigueur ne comportent pas de sanctions suffisantes pour permettre de s'opposer efficacement aux opérations nuisibles. Cette lacune de la législation existante n'offre pas seulement l'inconvénient d'empêcher de *réprimer* les actes qui compromettent la pureté des rivières ou des eaux souterraines, elle a encore le défaut plus grave de rendre inefficaces les prescriptions destinées à *prévenir* les causes de contamination. Tous les règlements édictés dans ce but demeurent en effet inobservés faute d'armes suffisantes pour obliger les particuliers comme les villes à s'y conformer. C'est cette raison qui a notamment empêché les dispositions prises par le Ministre de l'Agriculture d'accord avec le Ministre de l'Intérieur

([1]) Conseil d'État (ville de Roubaix), 30 juin 1899.

et le Ministre du Commerce et de l'Industrie de donner tous les résultats que l'on en attendait.

Pour remédier à la situation actuelle, il importe donc d'instituer les sanctions qui font défaut *moins pour punir les infractions commises que pour obtenir le respect des mesures imposées à titre préventif.* Mais, comme l'avait signalé la direction de l'Hydraulique à la Commission chargée de la préparation du projet de loi en lui traçant le programme de ses travaux, cette question n'est pas la seule à envisager pour aboutir à une œuvre viable.

Le résultat à atteindre, c'est que les industriels, que les communes, avant de se débarrasser de leurs eaux usées dans les cours d'eau ou dans les profondeurs du sol, les épurent suffisamment pour éviter leurs nuisances. Pour réaliser ce but, il convient de renforcer et de faciliter le contrôle des dispositions de purification, sans que l'intervention de l'Administration puisse avoir pour effet de substituer sa responsabilité à celle des intéressés, sans qu'elle devienne pour eux une entrave.

D'autre part, il n'est pas moins essentiel que les dépenses nécessitées par l'épuration ne nuisent pas au développement de l'industrie, qu'elles n'entraînent pas pour les communes des charges hors de proportion avec leurs ressources. Il importe donc de réduire au minimum les sujétions imposées et d'accorder les tolérances compatibles avec l'intérêt général. Il faut encore chercher par tous les moyens possibles à rendre plus facile, moins onéreuse l'exécution des travaux destinés à l'évacuation et à l'épuration des eaux usées.

C'est en s'inspirant de ces principes qu'a été préparé le projet de loi. Les dispositions prévues peuvent être groupées en deux catégories, les unes ont pour objet de prévenir les opérations dangereuses et de permettre de réaliser pratiquement les précautions à prendre; les autres édictent les sanctions indispensables pour triompher des résistances qui seraient rencontrées : il y a lieu de les examiner successivement.

Dispositions destinées à prévenir les opérations dangereuses et à faciliter la réalisation des précautions imposées.

Tout d'abord les déversements ne devront être effectués dans les rivières que sous la réserve de remplir aux points de vue organoleptique, physique, chimique et bactériologique les conditions qui seront fixées par des arrêtés ministériels concertés entre les Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics. Cette disposition est inspirée de la législation anglaise. Mais elle est conçue sur des bases plus larges et tient compte des leçons de l'expérience de façon à être pratiquement applicable. Ainsi qu'il sera expliqué en

analysant l'article 2, les charges ainsi imposées seront réduites au strict nécessaire pour sauvegarder les divers intérêts généraux en cause, notamment la salubrité et l'utilisation des eaux.

En outre, pour que le contrôle de l'Administration puisse s'exercer de plus près qu'actuellement et avoir ainsi des effets plus satisfaisants, le projet de loi prévoit les mesures suivantes :

Les industries dont les évacuations sont les plus nuisibles *ne pourront déverser leurs résidus dans les cours d'eau qu'après leur avoir fait subir une épuration dont le dispositif devra être agréé par le préfet.*

La nomenclature des industries soumises à ce régime sera fixée de concert par les Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics, après accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Il n'est pas, en effet, nécessaire d'imposer cette sujétion à tous les déversements sans exception, les mesures de répression devant suffire pour les opérations les moins dangereuses.

L'obligation, ainsi imposée à certaines industries, procurera des moyens sûrs et commodes d'obtenir que l'épuration de leurs résidus soit réellement efficace ainsi que de tenir la main à ce que son fonctionnement soit régulièrement assuré.

Mais en laissant l'industriel libre du choix des moyens d'épurer, on lui donne la faculté d'avoir recours aux procédés les mieux appropriés à son exploitation, on lui accorde toute la liberté, toute l'initiative désirables. Comme le montrera le commentaire de l'article 5, ces garanties ne sont pas les seules accordées, de sorte que les nouvelles sujétions seront aussi légères que possible pour les intéressés.

Les évacuations d'eaux usées des communes seront soumises aux mêmes obligations que celles des particuliers, et les mesures prévues pour que l'intervention de l'Administration puisse se faire sentir d'une façon plus étroite qu'actuellement à leur égard sont tout à fait semblables à celles édictées en ce qui touche les particuliers : il serait injuste et impossible d'imposer aux industriels d'avoir recours à de coûteux procédés d'épuration pour remédier aux nuisances de leurs déversements si les mêmes obligations n'étaient pas imposées aux communes dont les eaux usées présentent une nocivité plus grande encore et peuvent être plus facilement épurées.

Si l'on envisage ensuite la protection des eaux souterraines, les prescriptions destinées à remédier à l'insuffisance de la législation actuelle peuvent, en laissant de côté les sanctions dont il sera parlé ultérieurement, se résumer comme il suit. Les opérations les plus dangereuses ne pourront plus être effectuées qu'en supprimant leurs nuisances par des moyens qui devront être reconnus acceptables par le préfet. Au contraire, les entreprises susceptibles de présenter moins d'inconvénients ne seront pas soumises à une

autorisation préalable, mais elles pourront être interdites ou subordonnées à certaines précautions, si l'expérience prouve qu'elles compromettent l'utilisation des eaux souterraines, qu'elles nuisent à la salubrité.

En principe, ont été rangées dans la première catégorie les évacuations de toute nature dans les profondeurs du sol. Les dépôts ou les déversements à la surface du sol, qui présentent en général des dangers beaucoup moins graves à raison du pouvoir épurateur de la couche arable, ont été rangés dans la deuxième catégorie. Mais, dans les deux cas, des exceptions ont été prévues qui seront fixées par un arrêté ministériel. Il sera aussi possible de soumettre au régime de l'autorisation préalable, en plus des opérations d'épandage déjà réglementées par le service hydraulique, les dépôts de vidange et de gadoues provenant des agglomérations, les déversements de certains établissements industriels particulièrement nocifs. Par contre, les opérations courantes de la vie agricole pourront être librement effectuées et ne seront réglementées que dans le cas où leurs inconvénients auront été dûment constatés. Ces dispositions permettront d'une part de suppléer à l'inertie de l'autorité municipale, d'autre part d'atteindre les sources de pollution qui sont situées en dehors des périmètres de protection ou qui, comme les déversements de résidus industriels, ne sont actuellement soumises à aucun contrôle.

Pour atténuer les charges ainsi imposées à l'industrie comme aux communes, de nombreuses tolérances, de multiples facilités qui seront analysées en détail dans le commentaire des articles, ont été accordées. Il convient de signaler ici les plus caractéristiques.

Tout d'abord les sujétions imposées pourront être considérablement réduites sur les sections de cours d'eau dont l'affectation à l'industrie présente une importance prépondérante sur les autres utilisations. D'autre part, les servitudes imposées par la loi du 29 avril 1845 en faveur des irrigations au moyen d'eaux propres sont étendues aux irrigations effectuées par les eaux résiduaires. Le projet de loi va encore beaucoup plus loin et il permet dans certaines conditions aux communes d'exproprier les terrains indispensables à l'épuration pour le compte des propriétaires des établissements industriels situés sur leurs territoires. Enfin une autre facilité non moins importante est accordée aux industriels. Ceux-ci auront la faculté de constituer des associations syndicales libres pour l'exécution à frais communs d'égouts et de travaux d'épuration. Ces associations pourront être transformées par arrêté préfectoral en associations autorisées, ce qui leur donnera le droit d'exproprier les terrains nécessaires à la réalisation de leur entreprise.

La purification des sewages provenant des agglomérations n'est d'ailleurs pas moins favorisée par un ensemble de mesures qui ont

principalement pour objet de permettre aux communes de grouper leurs efforts de façon à diminuer les dépenses qui leur incombent.

D'autre part, quelques autres dispositions essentielles du projet de loi témoignent encore une fois du souci constant de tenir un juste compte de tous les intérêts en présence et d'aboutir à une œuvre pratique.

Si l'on étudie les diverses législations étrangères qui se sont occupées de la question de la protection des eaux contre la pollution, on constate qu'elles prévoient, pour la fixation des mesures de préservation à édicter, l'intervention de Commissions formées de spécialistes, soit qu'elles subordonnent les décisions de l'autorité compétente à leur consultation, soit même qu'elles leur donnent le pouvoir de statuer personnellement. C'est ainsi qu'en Angleterre, les services sanitaires chargés de la surveillance des cours d'eau sont placés sous la dépendance de conseils de comté et agissent en se conformant aux règles posées par la Commission de pollution des rivières. En Italie, les préfets statuent après avis du Conseil provincial de santé; en Prusse et en Saxe, l'Administration doit consulter des médecins, des inspecteurs de l'industrie, des chimistes et autres hommes de la pratique; dans le Wurtemberg, les décisions de l'autorité peuvent être frappées d'appel devant des Administrations d'arrondissement qui comprennent des techniciens et des agriculteurs. Enfin dans divers États d'Amérique (Connecticut, Massachusetts, New-Jersey) des pouvoirs très étendus ont été conférés à des Commissions d'État, à des Conseils de district et même à des Commissions d'eau spécialement chargées des mesures concernant une vallée déterminée.

Si des nations, où l'esprit général de la législation diffère profondément, se sont trouvées d'accord pour exiger l'intervention de Commissions quand il s'agit de la pollution des eaux, c'est que les problèmes difficiles et complexes à résoudre doivent être examinés en s'inspirant des avis de personnalités de compétences diverses et en ne négligeant aucun des intérêts opposés en présence. Tenant compte de cette nécessité le projet de loi prévoit que les Ministères de l'Agriculture et des Travaux publics ainsi que les préfets ne pourront exercer les pouvoirs qui leur sont conférés en la matière, qu'après avis des Commissions chargées de les éclairer.

De multiples raisons qui seront développées au commentaire de l'article 17 ont fait reconnaître que, pour rendre les services attendus, la Commission placée auprès du préfet devrait être formée par le Conseil départemental d'hygiène, complété, d'une part par diverses personnalités qui n'en font pas partie et dont les avis s'imposent, d'autre part par des représentants de diverses catégories d'usagers des eaux. Cette Commission spéciale a reçu le nom de Commission de conservation des eaux. De son côté, le Conseil appelé à prêter son concours aux Ministres de l'Agriculture

et des Travaux publics, qui constituera un organisme complètement nouveau, a été désigné sous le nom de « Commission supérieure de conservation des eaux ».

Étant données les conséquences si importantes qui résulteront pour l'industrie de la loi nouvelle, il a paru qu'il conviendrait de porter le nombre de ses représentants dans ces Conseils jusqu'au tiers du nombre total de leurs membres. L'application de la loi sera ainsi considérablement facilitée, car les industriels auront l'assurance que les mesures qui leur seront imposées tiendront toujours le plus grand compte des nécessités de leurs exploitations.

Les garanties précédentes ont encore été complétées par de nouvelles facilités procurées pour la purification des résidus industriels. L'expérience démontre tous les jours les avantages qui s'attacheraient à la création d'un Institut analogue à celui qui a été chargé en Allemagne[1] d'étudier les questions concernant la pollution des eaux, et qui poursuivrait d'une façon permanente les études confiées temporairement par la Caisse des Recherches Scientifiques à l'Institut Pasteur de Lille. La nécessité de cette institution a été reconnue par toutes les Administrations intéressées, et, d'un commun accord, les Ministres de l'Intérieur, des Travaux publics et de l'Instruction publique ont décidé de charger le Ministre de l'Agriculture de l'organiser et de la diriger. Les études à entreprendre ne pourraient être effectuées dans de meilleures conditions que par le laboratoire dont l'établissement s'impose pour assurer le fonctionnement de la Commission supérieure de conservation des eaux. En spécifiant la création de ce laboratoire, le projet de loi stipule donc qu'il sera chargé des recherches relatives à l'expérimentation et à l'amélioration des procédés d'épuration. Cette combinaison permettra, d'ailleurs, d'assurer le fonctionnement de l'Institut dans des conditions aussi économiques que possible, car les industriels, qui seront les premiers à profiter des progrès des procédés de purification, n'hésiteront pas à contribuer aux dépenses.

Pour compléter l'analyse sommaire des mesures prises en vue de rendre l'application de la loi aussi légère que possible, il y a lieu de dire quelques mots des dispositions transitoires, dont l'importance est capitale. Leur fixation était particulièrement délicate, car, s'il convient de remédier le plus rapidement possible à la situation actuelle, il est indispensable de ne pas bouleverser le fonctionnement des établissements existants et de laisser aux industriels comme aux communes le temps suffisant pour prendre les précautions qui leur sont imposées. Sur la demande des représentants

[1] Königliche Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (Berlin).

de l'industrie au sein de la Commission qui a préparé le projet de loi, le délai d'application de la nouvelle loi, que l'Administration proposait de fixer à dix-huit mois, a été porté à quatre ans.

Il y a plus : une nouvelle facilité a été accordée, en ce qui touche les déversements dans les rivières, car on s'est borné à exiger des intéressés que, quatre ans après la promulgation de la loi, ils aient mis en fonctionnement, pour épurer leurs résidus, un dispositif reconnu acceptable par le préfet. Ce n'est qu'après une période de dix ans que leurs évacuations ne seront admises dans les cours d'eau que s'ils remplissent les conditions imposées aux points de vue organoleptique, physique, chimique et bactériologique à toutes les opérations effectuées après la promulgation de la loi. Cette tolérance ne peut présenter d'inconvénients, puisque l'Administration reste maîtresse du degré d'épuration à exiger. Elle permettra de réaliser une amélioration énorme au bout de quatre ans, sans entraver l'industrie, ni imposer de très lourdes charges aux communes. Enfin, il faut bien reconnaître qu'elle est justifiée par l'insuffisance des procédés de purification connus qui, dans le plus grand nombre des cas, ne permettraient pas d'obtenir dès à présent une épuration parfaite. Grâce aux recherches qui se poursuivent de toutes parts, et que le vote du projet de loi développera considérablement, les progrès qui seront réalisés permettront certainement, dans le délai de dix ans prévu, de remplir sans difficulté des exigences auxquelles il ne pourrait être actuellement satisfait qu'au prix de dépenses inacceptables.

Sanctions aux obligations imposées.

Il est inutile de revenir ici sur l'importance des sanctions à édicter, et il y a seulement lieu de faire connaître le système de répression adopté dans la nouvelle législation, en envisageant successivement les particuliers et les communes.

Les peines de prison ne correspondent pas aux délits de la nature de ceux qui sont envisagés. D'ailleurs, l'expérience a démontré leur inefficacité, car les tribunaux se refusent de les appliquer. Écartant donc ces moyens de répression, il a été reconnu que les pénalités ne pouvaient comporter que des amendes. Pour produire les résultats désirés, ces amendes doivent être telles que l'application des procédés d'épuration soit moins onéreuse pour les industriels que les condamnations dont ils sont menacés. La solution à laquelle on s'était tout d'abord arrêté consistait à prévoir des amendes dont le montant croîtrait rapidement au cas de récidive pour atteindre un chiffre très important (5000 fr.). Mais un examen approfondi montre que pour de multiples raisons ces mesures ne

donneraient pas le résultat désiré. Alors même que l'on fixerait la progression des amendes à un taux très élevé, la répression ne pourrait être réellement efficace qu'à la troisième ou quatrième récidive et jusqu'à ce moment aucune pénalité sérieuse ne viendrait arrêter ceux qui persisteraient à contaminer les eaux.

D'autre part, les délinquants réussiraient le plus souvent à éviter de se trouver dans des conditions légales nécessaires pour être considérés comme étant en état de récidive. Il serait en particulier, presque impossible d'atteindre les établissements pour lesquels la période de fabrication ne dure que quelques mois, notamment les sucreries, qui doivent être placées cependant parmi les causes les plus dangereuses de pollution. Enfin, ce qui est plus grave encore, ce mode de répression ne frapperait pas les sociétés industrielles; celles-ci ne peuvent en effet encourir personnellement de responsabilité pénale, et il leur suffirait de changer leurs administrateurs ou directeurs pour éviter les amendes élevées dont ceux-ci seraient passibles en cas de récidive et dont elles seraient civilement responsables. Ce dernier défaut aurait été à lui seul de nature à faire renoncer à chercher dans les amendes progressives les sanctions efficaces puisque les établissements les plus importants auraient pu ainsi facilement se mettre à l'abri de la répression.

Cette solution ainsi écartée, il a été reconnu qu'on atteindrait le but poursuivi en entrant résolument dans la voie tracée par la législation anglaise qui a produit de si heureux effets et en adoptant les mesures suivantes : Le jugement frappant le délinquant devra impartir *au maître de l'entreprise* (particulier ou société) civilement responsable un délai pour prendre les mesures convenables en vue de faire cesser la nuisance du déversement et le condamner, au cas où les dispositions nécessaires n'auraient pas été prises à l'époque fixée, *à une amende formant astreinte qui se renouvellera chaque jour aussi longtemps que les dispositions n'auront pas été mises en fonctionnement.*

Ce système évite tous les reproches que l'on pouvait adresser à la première combinaison envisagée : il atteindra les sociétés comme les particuliers, il produira ses effets en temps utile, puisqu'il doit être appliqué dès la première condamnation ; enfin il permettra de vaincre les résistances des plus récalcitrants en les touchant dans leurs intérêts. Le résultat obtenu sera le même que si l'Administration exécutait d'office les travaux de préservation indispensables, mais les graves inconvénients qui résulteraient de son ingérence dans un établissement industriel sont évités : le maître de l'entreprise reste libre du choix des procédés de purification qui doivent seulement être agréés par le préfet.

Cependant, si au point de vue pratique ces prescriptions offrent des avantages incontestables, elles appellent au point de vue juridique quelques observations. Actuellement, notre législation n'ad-

met l'astreinte qu'en matière civile, comme réparation d'un dommage causé. On peut, pour rattacher les prescriptions envisagées à la jurisprudence actuelle, invoquer les dommages causés par la pollution à l'intérêt général que représente l'ensemble des usagers des eaux. Mais, en envisageant l'astreinte sous cet aspect, on rencontrerait certaines difficultés d'application, en particulier pour savoir à qui attribuer le montant des astreintes considérées comme réparations des préjudices. Il vaut donc mieux reconnaître franchement que les mesures projetées constituent une innovation. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que l'on n'aurait pu obtenir un résultat pratique, en ayant recours aux amendes progressives, qu'en modifiant la définition de la récidive telle qu'elle est consacrée par le Code. Le problème à résoudre est si nouveau et si complexe que toute autre combinaison susceptible d'être adoptée entraînerait également des changements dans les errements actuels : dans ces conditions, la supériorité manifeste du système de « l'astreinte pénale », sa nécessité même pour triompher dans la lutte contre la contamination des eaux justifie amplement son adoption.

Les sanctions qui viennent d'être indiquées pour obliger les particuliers à se conformer aux prescriptions concernant la protection des rivières ont été intégralement maintenues pour assurer l'observation des dispositions relatives à la préservation des eaux souterraines.

Cependant, quelle que soit la sévérité des pénalités, la répression ne saurait avoir d'effet utile si la preuve juridique des délits commis demeurait, comme à présent, presque impossible à établir.

Actuellement, pour qu'une contravention puisse être dressée contre l'auteur d'un déversement nuisible, il est indispensable de prendre pour base des poursuites les dommages causés (récoltes compromises, moteurs hydrauliques détériorés, fabrication industrielle entravée, poissons détruits).

Mais, lorsque ces dommages sont constatés, il est très souvent impossible de remonter avec précision à la cause du mal ; les eaux résiduaires peuvent ne devenir nuisibles que loin du point où elles sont déversées, à la suite de décompositions ou de réactions ultérieures ; d'autre part les évacuations des diverses usines ont, les unes sur les autres, une action qui empêche de faire exactement ressortir les inconvénients de chacune d'elles envisagé isolément. Dans ces conditions, il est nécessaire de procéder aux constatations devant servir de base aux poursuites à la sortie de l'usine, et non sur les lieux où la qualité des eaux est compromise ; mais il est alors le plus souvent impossible de convaincre les tribunaux que le déversement est réellement nuisible ; les dommages causés ne peuvent donc servir de base incontestable de poursuite.

Ces difficultés que l'expérience a déjà fait ressortir en ce qui concerne la protection des rivières seraient encore plus redoutables

pour la préservation des eaux souterraines : comment démontrer que des évacuations dangereuses ont compromis la pureté de sources, de puits, d'eaux profondes situées à de très grandes distances ?

Pour résoudre cette question si délicate le projet de loi considère comme délictueux et frappe des pénalités prévues les déversements dans les cours d'eau, les évacuations dans le sol opérés contrairement aux prescriptions imposées *sans qu'il y ait lieu de rechercher quelles en ont été les conséquences.*

Si l'analyse révèle que les eaux usées, considérées à leur arrivée dans le cours d'eau, ne remplissent pas les conditions qui seront fixées par arrêté ministériel, aux points de vue organoleptique, physique, chimique et bactériologique, si le dispositif d'épuration agréé par l'Administration n'est pas appliqué, si les précautions auxquelles a été subordonnée l'évacuation dans le sol de substances dangereuses ne sont pas observées, ce seul fait constituera un délit et sera réprimé comme tel.

Les dispositions qui précèdent suffiront à assurer l'observation de la nouvelle loi par les particuliers. Comment le même résultat sera-t-il obtenu à l'égard des communes? La loi anglaise a fait disparaître les causes de pollution provenant des sewages de villes en les frappant d'amendes énormes lorsqu'elles ne prennent pas des dispositions convenables. L'esprit de la législation française est contraire à un tel système ; on s'est donc arrêté à des mesures que les lois antérieures ont déjà consacrées : l'exécution d'office aux frais des communes des travaux reconnus indispensables. Les crédits destinés à couvrir les dépenses seront inscrits au budget dans les conditions prévues par la loi municipale. Il sera ainsi possible de triompher de la résistance des communes comme de celle des particuliers et de les contraindre à n'évacuer leurs eaux usées dans les rivières ou dans le sol qu'en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter leurs nuisances.

Tel est l'ensemble des sanctions instituées par le projet de loi : elles semblent bien de nature à réaliser le but que l'on s'est efforcé avant tout d'atteindre : obtenir pratiquement que les mesures préventives imposées dans l'intérêt de la conservation des eaux soient respectées.

ANALYSE DES ARTICLES DU PROJET DE LOI

TITRE PREMIER

Cours d'Eau.

Le titre premier est consacré à la protection des cours d'eau, et comprend onze articles. Il est divisé en trois chapitres : le premier relatif aux dispositions générales qui visent tous les déversements sans exception quelle que soit leur origine ; le second concernant plus spécialement les mesures s'appliquant aux résidus industriels : le troisième, celles qui regardent les eaux usées provenant des communes.

CHAPITRE PREMIER

Dispositions générales.

Article premier.

L'article premier interdit les opérations qui seraient susceptibles de nuire aux intérêts de diverses natures que l'Administration doit sauvegarder. Ceux-ci, qui sont énumérés en reproduisant les désignations consacrées par la législation actuelle ainsi que par la jurisprudence, comprennent :

La conservation et le libre écoulement des eaux ;

La salubrité ;

L'utilisation des eaux pour l'alimentation des animaux, pour les besoins domestiques, pour les emplois agricoles et industriels ;

La protection des animaux et des plantes aquatiques utiles.

Ainsi conçu, l'article premier fait ressortir la nature et l'importance des intérêts que le projet de loi a pour objet de sauvegarder. L'Administration a déjà la charge de les défendre, mais ses efforts sont impuissants pour les protéger, à défaut des armes nécessaires : à l'avenir elle pourra frapper ceux qui les compromettraient des pénalités sévères édictées par la nouvelle législation.

Il y a lieu de faire remarquer que la rédaction de l'article premier a été développée de façon à enlever toute incertitude sur l'étendue des opérations interdites : celui qui *laisse écouler* des matières nuisibles dans un cours d'eau est responsable au même titre que celui qui les *jette ou les déverse volontairement* ; les déver-

sements ou écoulements *indirects* sont défendus, comme ceux qui sont effectués *directement*.

L'énumération des intérêts que l'on s'est proposé de défendre appelle les observations suivantes. Les évacuations d'eaux usées des villes et de l'industrie dans les rivières menacent à la fois la *salubrité*, *l'écoulement et l'utilisation des eaux*.

Les émanations putrides, l'altération des eaux constituent un danger pour la santé des riverains et peuvent même très souvent provoquer des maladies épidémiques qui se propagent bien au delà de la région traversée par les cours d'eau. Les dépôts qui sont formés risquent d'entraîner des inondations en obstruant le lit et les ouvrages d'art et augmentent en tout cas considérablement les charges des curages. Il importe essentiellement de pouvoir contraindre ceux qui mettent des obstacles au libre cours des eaux à les faire disparaître, car, en l'état de la législation et de la jurisprudence, l'Administration ne peut, pour ainsi dire, agir à cet égard. Sur les cours d'eau non navigables, si les dangers d'inondation ne sont pas imminents, les villes ou les industriels ne sauraient être contraints à l'enlèvement des dépôts qu'ils ont provoqués sans que les autres propriétaires intéressés au curage soient mis en cause, au prix de formalités dont la complication et la durée rendent l'application presque impossible. Il pourrait même être difficile, dans certains cas, d'obliger les auteurs des dépôts à contribuer à la dépense. Sur les rivières navigables, l'intervention administrative ne peut utilement s'exercer que si la navigation est compromise, et les obstacles à l'écoulement présentent souvent les plus sérieux inconvénients, sans que la circulation des bateaux soit empêchée.

Les dommages qui résultent de l'altération de la qualité des eaux sont, plus que tous les autres, à redouter. Ils présentent un tel danger pour l'utilisation des richesses hydrauliques de notre territoire et plus particulièrement des cours d'eau non navigables que la *conservation des eaux* a dû être considérée comme l'un des objets principaux du projet de loi. En portant atteinte à la pureté naturelle des rivières, les déversements d'eaux usées font disparaître leur faune et leur flore et causent aux usagers des eaux, à l'agriculture comme à l'industrie, les plus graves préjudices. Les populations riveraines sont frappées par les difficultés rencontrées pour se procurer l'eau destinée à abreuver leurs animaux, à cuire leurs aliments, à laver leur linge, et parfois même par l'impossibilité de pourvoir à leur alimentation. Les intérêts agricoles ne sont pas moins gravement lésés par les inconvénients que présente l'emploi d'eaux polluées pour l'irrigation : les substances provenant des résidus industriels sont en effet souvent toxiques pour les végétaux, d'autres fois elles peuvent être nuisibles aux récoltes en facilitant la dissolution des matières nutritives les plus importantes

pour les plantes et leur entraînement dans le sous-sol. Elles peuvent encore diminuer la valeur des prairies par les sédiments qu'elles déposent et même occasionner des maladies au bétail qui fait usage du foin produit dans ces conditions.

Enfin les industriels sont peut-être encore atteints davantage que les autres usagers des eaux. Leurs moteurs ont particulièrement à souffrir des obstacles apportés à l'écoulement des eaux, des dommages causés aux moteurs hydrauliques et aux chaudières. Mais l'impureté des rivières est beaucoup plus redoutable encore, en rendant impossible l'exploitation d'industries auxquelles une eau neutre et de bonne qualité est indispensable. La pollution des eaux peut paralyser la vie industrielle et il importe d'y insister, car l'intérêt primordial qu'offre pour les manufactures la pureté des rivières suffit à justifier les sujétions qui leur sont imposées pour ne pas la menacer.

En présence de la diversité et de l'importance des inconvénients que peuvent présenter les évacuations dans les rivières pour la qualité de leurs eaux, l'article Ier du projet de loi a caractérisé à un double point de vue les opérations interdites. Les déversements ne devront pas nuire à la *conservation des eaux*; ils devront donc laisser la rivière dans le même état qualitatif que celui qu'elle avait avant de les recevoir. Les déversements ne devront jamais être susceptibles de compromettre *l'utilisation des eaux pour l'alimentation des animaux*, *pour les besoins domestiques*, *pour les emplois agricoles et industriels*. Cette énumération protège les usages multiples auxquels servent les cours d'eau. Cependant le projet de loi se borne à interdire que les évacuations ne puissent rendre l'eau des rivières impropres à l'alimentation des animaux et ne va pas jusqu'à exiger d'une façon absolue la même obligation en ce qui concerne l'alimentation humaine. Cette distinction n'a été décidée qu'après une longue discussion de la Commission qui a préparé le projet de loi, et elle demande à être justifiée particulièrement.

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, chargé par le Ministre de l'Intérieur d'examiner dans quelles conditions les sewages communaux peuvent être évacués dans les rivières, n'a pas cru devoir exiger qu'ils ne puissent préjudicier à l'alimentation des hommes, parce qu'il estime que les eaux des rivières ne sauraient en principe servir à l'alimentation humaine, si elles n'ont pas subi une épuration préalable. S'il en est ainsi, l'obligation envisagée ne présente en effet qu'un intérêt théorique, et elle doit d'autant moins être imposée qu'étant donnés les résultats fournis actuellement par les procédés d'épuration, elle ne peut pas toujours être remplie et en tous cas seulement au prix de sérieuses dépenses.

Cependant, malgré l'autorité du Conseil qui l'a adoptée, cette

conclusion a été combattue au sein de la Commission par une minorité importante, qui a fait valoir les raisons suivantes : tout d'abord dans la partie supérieure des bassins où il n'existe ni habitations ni cultures, les cours d'eau peuvent sans danger servir à l'alimentation publique. Plus en aval, il est évidemment rationnel que les communes ne puissent distribuer l'eau de rivière sans purification, mais il est alors indispensable de veiller à ce que le fonctionnement de l'épuration soit *régulièrement* assuré et dans de *bonnes conditions*. Ce résultat risque d'être rarement atteint dans les communes rurales, où le contrôle n'est pas et ne peut être que difficilement exercé. Enfin, l'alimentation des habitations isolées demeurera presque toujours assurée par l'eau prise directement aux rivières. Il y a donc le plus grand intérêt à chercher à ce que les eaux de cette provenance puissent être autant que possible consommées sans inconvénient. Pour l'obtenir, on ne saurait évidemment demander que les déversements soient susceptibles de servir eux-mêmes à l'alimentation humaine, car les procédés d'épuration connus sont trop imparfaits pour réaliser cette condition. Mais l'effluent pourrait sans impossibilité pratique être suffisamment purifié pour que, lorsque son volume est faible par rapport au débit de la rivière où il aboutit, celle-ci soit rapidement régénérée par l'auto-épuration. Reprenant leurs qualités naturelles, ses eaux pourraient alors être utilisées sinon pour une distribution d'eau, tout au moins pour le besoin des habitations isolées.

Ces arguments, malgré leur valeur, n'ont pas semblé suffisants pour adopter une rédaction qui aurait été en opposition avec les vues exprimées par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Cependant les nécessités de l'alimentation individuelle des riverains pourront être sauvegardées, puisqu'elles sont comprises dans les besoins domestiques. L'alimentation collective des populations ne pourra elle-même être compromise lorsqu'elle est déjà assurée par les eaux brutes des rivières, puisque l'obligation de ne pas nuire à la conservation des eaux s'opposera à ce que leur qualité naturelle puisse être désavantageusement modifiée.

Pour terminer les explications concernant les intérêts que l'article premier a eu pour objet de défendre, il reste à dire quelques mots de la protection des animaux et des plantes aquatiques utiles. Ainsi qu'on l'a dit précédemment, la pollution des eaux fait disparaître la faune et la flore des rivières, qui présentent une utilité et une valeur incontestables. Il a paru indispensable de spécifier que les déversements ne devaient pas nuire à ces éléments de richesse.

On ne pourrait d'ailleurs se borner à assurer la conservation du poisson et il était indispensable de protéger d'autres animaux aquatiques utiles (crustacés, mollusques, etc.), ainsi que les plantes alimentaires (cresson, etc.).

Il convient d'autre part de signaler que les questions concernant la pêche font l'objet d'une législation particulière, qui ne peut être améliorée que par une loi spéciale, d'ailleurs à l'étude. Cependant, les dispositions adoptées, quoique limitées au principe de l'interdiction de préjudice à la vie des poissons, répondront déjà dans une large mesure aux vœux exprimés par les syndicats de pêcheurs. Ils mettront à la disposition de ceux qui défendent les intérêts piscicoles les pénalités sévères et pratiquement applicables, qui actuellement leur font défaut.

Article 2.

L'article 2 est l'un des plus essentiels du projet de loi, puisqu'il a pour objet de permettre une répression efficace en caractérisant les faits constituant des délits, d'une façon assez nette pour servir de base incontestable aux poursuites devant les tribunaux. La solution adoptée, après une discussion approfondie qui en a démontré la valeur, consiste à envisager les déversements avant leur arrivée dans le cours d'eau, et à considérer comme délictueux tous ceux qui ne remplissent pas certaines conditions fixées par arrêt ministériel, *sans qu'il y ait lieu de rechercher quelles en ont été les conséquences.*

Comme on l'a déjà indiqué, ce système a été emprunté à la législation anglaise, mais pour tenir compte des nécessités de la pratique ses bases ont été élargies de façon à présenter l'élasticité jugée indispensable par les autorités les plus compétentes dans les questions d'épuration. La Commission royale du sewage, qui a été chargée d'étudier en Angleterre les modifications à apporter aux lois existantes, a, en effet, fait récemment connaitre, à la suite de l'enquête et des expériences auxquelles elle a procédé, que les conditions imposées actuellement ne tenaient pas suffisamment compte de divers éléments qui peuvent avoir une influence sur la qualité des déversements. Ainsi que le montrent les recherches effectuées à l'étranger et les résultats des travaux récents de divers savants français, il est indispensable, pour apprécier les nuisances d'un effluent, de tenir un grand compte de ses propriétés organoleptiques et physiques (aspect, odeur, évaluation du degré de limpidité, température). Enfin, on peut envisager certaines circonstances, notamment lorsqu'il s'agit d'une rivière servant à l'alimentation publique où l'effluent devra être soumis à certaines obligations, en ce qui concerne les germes qu'il renferme. Pour tenir compte de ces diverses nécessités pratiques, le texte qui a été adopté est le suivant : « Des arrêtés ministériels, pris de concert par les Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics, fixeront les conditions que les déversements devront remplir aux points de vue organoleptique, physique, chimique et bactériologique ». Ces

arrêtés pourront d'ailleurs être revisés, si l'expérience en démontre la nécessité.

On pourrait faire à cette rédaction le seul reproche de laisser à l'Administration des pouvoirs trop étendus, mais il n'en résultera pas de charges trop lourdes pour les intéressés.

Il est possible de remédier à la pollution, tout en réduisant les conditions imposées à celles dont l'expérience démontre l'absolue nécessité, et il convient d'autant plus de s'y limiter que ces conditions pourront toujours être rendues plus sévères, si la pratique en révèle le besoin. Des mesures rigoureuses ne sauraient manifestement être prescrites qu'en se mettant en contradiction avec l'esprit du projet de loi tout entier qui s'est efforcé d'accorder toutes les tolérances compatibles avec l'intérêt général. Les industriels et les communes n'ont donc rien à redouter; de plus une nouvelle garantie leur est accordée par l'obligation prévue à l'article 16 de ne prendre l'arrêté ministériel concernant les conditions imposées qu'après avis de la Commission supérieure de conservation des eaux, dont le rôle a déjà été indiqué précédemment. Étant donné que ce Conseil comprendra des industriels dans la proportion d'un tiers de ses membres, qu'il renfermera également dans son sein des représentants des communes, il ne peut faire de doute que ses avis seront toujours inspirés par la volonté d'assurer la protection des eaux, sans entraver l'essor de l'industrie et sans exiger des communes des dépenses inacceptables.

CHAPITRE II

Déversements des résidus industriels.

Article 5.

Pour *prévenir* les évacuations industrielles susceptibles de contaminer les cours d'eau, l'article 5 prévoit que les industries *les plus dangereuses*, fixées par arrêté ministériel, seront tenues de n'effectuer aucun déversement de résidus sans leur avoir fait subir une épuration de nature à éviter leurs inconvénients.

La liste des industries soumises à ce régime sera fixée par les Ministres des Travaux publics, de l'Agriculture et après accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Cette liste pourra d'ailleurs être modifiée et complétée lorsque la pratique en démontrera l'utilité.

Comment les dispositions à prendre pour l'épuration seront-elles déterminées? Elles pourraient être imposées par le service qui réglemente les déversements en vertu de ses pouvoirs de police. Mais cette façon de procéder présenterait le sérieux inconvénient de substituer sa responsabilité à celle des industriels, le défaut plus

grave encore de ne pas prescrire aux intéressés les travaux les mieux appropriés à leur exploitation, ceux qui peuvent être les moins onéreux ou les plus facilement réalisables. Ces difficultés sont au contraire évitées en laissant l'industriel libre du choix des moyens à employer pour purifier ses résidus, en limitant le rôle de l'Administration au soin de décider si les dispositions proposées offrent une efficacité suffisante pour être acceptables. C'est ce système que consacre le projet de loi.

Afin de compléter les avantages ainsi accordés, les conditions dans lesquelles l'autorité administrative statuera en ce qui touche l'épuration ont été réglées de façon à garantir les industriels contre tout arbitraire. C'est ainsi qu'un délai maximum d'un an est imparti au préfet pour faire connaître sa décision sur les dispositions concernant l'épuration, de façon que les intéressés soient fixés, aussi rapidement que peut le permettre l'instruction administrative, sur la suite donnée à leurs propositions. D'autre part, l'arrêté à intervenir devra toujours être pris après l'avis de la Commission de conservation des eaux, organe dont l'utilité a été déjà justifiée et qui comprend des industriels dans la proportion du tiers. De leur côté, les Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics ne pourront exercer leurs pouvoirs en ce qui concerne la fixation des industries soumises à l'obligation d'épurer, ainsi que la suite à donner aux recours formés contre les arrêtés du préfet relatifs à l'épuration. qu'après avoir consulté la Commission supérieure de conservation des eaux où les intérêts de l'industrie sont, comme on le sait, également défendus par le tiers des membres.

Pour achever l'analyse de l'article 3, il reste à signaler les points suivants :

Il est indispensable d'éviter que les industriels ne cherchent, soit à se soustraire à l'obligation d'épurer qui leur est imposée, soit à ne pas se conformer aux dispositifs d'épuration agréés par l'Administration. Dans ce but, les infractions commises à cet égard ont été assimilées aux délits constitués par la violation des prescriptions des articles 1 et 2, et réprimées aussi sévèrement. D'autre part, l'article 3 prévoit que le préfet pourra toujours ordonner la revision des dispositions agréées par lui pour l'épuration, si les déversements ne remplissent pas les conditions imposées à l'article 2.

Pour se rendre compte de la portée de cette clause, il convient de ne pas perdre de vue qu'étant donnée l'insuffisance des procédés d'épuration connus pour certains résidus industriels, l'Administration pourra se trouver dans l'obligation d'agréer des dispositifs qui ne permettent pas de réaliser les conditions prescrites à l'article 2. Mais cet agrément ne saurait la lier, et il est indispensable qu'elle puisse exiger que les mesures prises soient complétées si l'expérience démontre la notoire insuffisance de l'épuration,

ou si des perfectionnements apportés aux procédés donnent les moyens de la rendre sensiblement plus efficace. Cette faculté est d'ailleurs la conséquence logique du système adopté pour la détermination des moyens de purification. Puisque l'Administration ne les impose pas, qu'elle se contente de délivrer à l'intéressé *un laissez-passer*, celui-ci doit rester responsable des dispositions qu'il a librement choisies. Il importe d'ailleurs de faire remarquer que les industries existant au moment de la promulgation de la loi seront placées par l'article 23 dans une situation plus favorable. Pendant dix ans il leur suffira d'épurer dans des conditions reconnues acceptables par le préfet, pour que leur responsabilité pénale soit dégagée ; mais après ce délai, elles retomberont sous la loi commune.

Article 4.

Les mesures destinées à prévenir les déversements nuisibles ainsi réglées par l'article 3, on s'est proposé dans les articles suivants d'alléger les charges imposées à l'industrie, en lui accordant toutes les tolérances possibles. En premier lieu l'article 4 prévoit que les résidus industriels dont les déversements dans les cours d'eau sont interdits, pourront être admis dans les égouts sous réserve de l'autorisation de l'autorité compétente, qui différera suivant que les ouvrages auront été exécutés par une commune, un syndicat de communes ou un département. Afin que les facilités ainsi concédées ne puissent compromettre la qualité des eaux de la rivière où les résidus parviendront finalement, deux sortes de précautions ont été prévues. L'égout devra être régulièrement autorisé, ce qui n'aura lieu que si les mesures convenables ont été prises dans les conditions prévues au chapitre 3 pour que le déversement de son effluent dans le cours d'eau ne présente pas d'inconvénients. De plus, le préfet aura le droit d'interdire l'admission dans les égouts, des résidus de certaines industries ou de la subordonner aux précautions nécessaires pour éviter leur nuisance.

Article 5.

L'article 5 concède aux industriels de nouvelles facilités particulièrement avantageuses, en leur permettant d'évacuer dans certaines sections de rivières des eaux résiduaires, alors même qu'elles ne rempliraient pas les conditions imposées à tout déversement par l'article 2. La liste de ces cours d'eau sera fixée par le Ministre de l'Agriculture et par le Ministre des Travaux publics chacun en ce qui le concerne, pour les cours d'eau dont ils ont la gestion. On pourra ainsi réduire considérablement les sujétions imposées sur les cours d'eau dont l'affectation à l'industrie présente une importance

prépondérante sur les autres intérêts en jeu ou dont le débit est considérable. Cependant, on ne saurait admettre que cette tolérance soit une source de dangers pour la santé publique ou qu'elle puisse compromettre l'utilisation des eaux et plus particulièrement rendre les eaux de la rivière impropres aux besoins des manufactures. Ce danger est prévenu par l'application d'une épuration préalable, dont le degré devra évidemment varier suivant les circonstances locales et notamment le débit du cours d'eau, les conditions dans lesquelles il est utilisé.

S'il devient nécessaire de revenir sur la tolérance accordée, les industriels qui cesseront d'en bénéficier disposeront d'un délai qui ne pourra être inférieur à deux ans pour se conformer aux prescriptions de l'article 2, ce qui leur donnera un temps suffisant pour prendre les dispositions convenables sans que leur exploitation soit gênée. Par contre, une durée maximum de quatre ans a été prévue pour le délai ainsi accordé, de façon à ce que les industriels ne puissent se soustraire indéfiniment aux obligations que l'on estime indispensables de leur imposer.

Article 6.

L'article 6 complète heureusement l'effet utile des deux articles qui le précèdent, en procurant à l'industrie des facilités très importantes pour l'exécution des travaux destinés à l'épuration de ses résidus.

Tout d'abord, les servitudes instituées par la loi du 29 avril 1845 en faveur des irrigations au moyen d'eaux propres, sont étendues aux irrigations effectuées avec les eaux résiduaires. Les droits nécessaires pour exercer les servitudes des deux catégories seront d'ailleurs obtenus dans des conditions identiques. Toutefois, pour éviter les inconvénients qui résulteraient du transport de certaines eaux résiduaires, les propriétaires des fonds traversés auront le droit d'exiger qu'elles soient renfermées dans des tuyaux ou des aqueducs souterrains.

Les industriels pourront ainsi épurer leurs résidus par voie d'épandage, sans avoir à redouter d'obstacles pour l'établissement des conduites destinées à amener les eaux à purifier, de leur établissement au lieu d'emploi. Les facilités qui précèdent offrent un intérêt d'autant plus considérable, que l'épandage a donné, pour diverses catégories d'industries, les meilleurs résultats. Opéré sur des terrains convenablement choisis, ce procédé assure une purification efficace, sans danger de contamination pour les eaux souterraines, et il permet, grâce à la valeur comme engrais de certains résidus, le développement de cultures très rémunératrices qui non seulement couvrent les frais de l'opération, mais même procurent des bénéfices.

Pour triompher des difficultés qui pourraient empêcher la réalisation des mesures projetées pour la purification, l'article 6 a été beaucoup plus loin. Il prévoit que, lorsque la pollution d'un cours d'eau par les résidus d'un établissement industriel rentrant dans la catégorie de ceux fixés par l'article 5 ne pourra disparaître que par des travaux s'étendant en dehors de l'immeuble d'où ils proviennent, la commune pourra exproprier, après l'accomplissement des formalités prescrites par la loi du 3 mai 1841, les propriétés indispensables à l'exécution des travaux pour le compte des propriétaires de l'établissement.

A première vue, cette disposition paraît s'écarter des principes consacrés par le droit administratif en matière d'expropriation; un examen plus attentif montre qu'il n'en est rien. Tout d'abord, il ne s'agit pas de conférer *à un particulier* le droit d'expropriation, puisque c'est au nom de la commune qu'il sera procédé à cette formalité, l'industriel n'intervenant que pour supporter les charges qui en résulteront. D'autre part, les propriétaires ne seront pas dépossédés *au profit d'un particulier*, mais pour « *cause d'utilité publique* ». Les travaux à exécuter présentent, en effet, doublement ce caractère, d'une part par suite de leur nécessité pour sauvegarder la santé publique ainsi que l'utilisation des eaux en empêchant la pollution de la rivière où les résidus sont déversés, d'autre part par suite de leur importance pour la prospérité de la commune où l'usine est située. Si l'industriel était placé dans l'impossibilité absolue de procéder à l'épuration qui lui est imposée, il se verrait obligé de fermer son établissement, et c'est pour éviter cette mesure nuisible à l'intérêt général de ses habitants que la commune exercera son intervention.

Les considérations qui précèdent suffiraient à elles seules à justifier le § 2 de l'article 6; il faut remarquer de plus que ses dispositions reproduisent intégralement le texte que le Conseil d'État avait inséré dans un projet de loi sur le régime des eaux dont le Parlement a abandonné la discussion après en avoir voté quelques chapitres. L'autorité de la Haute Assemblée enlève toute incertitude sur la possibilité de conférer aux industriels les facilités qui sont ainsi prévues.

Les conditions d'application des dispositions qui précèdent appellent quelques observations.

Tout d'abord, sera-t-il possible de contraindre les communes à exproprier les terrains nécessaires à l'épuration, au cas où elles s'y refuseraient. Malgré les instances réitérées des industriels qui redoutent d'être désarmés en présence de la mauvaise volonté des communes, il n'a pas paru possible d'entrer dans cette voie. L'expropriation ne peut être justifiée que si l'intérêt général de la commune est en jeu, et cette question ne peut être résolue que par ses représentants, sans que l'autorité supérieure puisse substi-

tuer son appréciation à la leur. A défaut du concours de la commune, les industriels obtiendront d'ailleurs le droit d'expropriation en constituant des associations syndicales comme il sera indiqué plus loin.

Ce point réglé, il convient de fournir encore quelques explications sur la portée du 2e § de l'article 6.

L'expropriation ne pourra frapper les maisons, cours, jardins, parc et enclos attenants aux habitations.

Cette clause aura pour effet de limiter les cas où les droits de propriété seront atteints. Les industriels n'auront d'ailleurs recours à la faculté qui leur est concédée que lorsqu'aucune autre solution ne sera réalisable, car les indemnités laissées à leur charge et dont la fixation appartient au jury constitueront pour eux un aléa redoutable. Pour empêcher les exagérations qui pourraient être commises à cet égard, on s'était demandé s'il ne serait pas possible d'étendre au cas actuel l'application de la loi du 21 avril 1810 sur les mines, qui permet d'occuper temporairement, puis définitivement les terrains nécessaires à l'exploitation en payant le double de leur revenu ou de leur valeur. Il ne paraît pas possible d'accepter cette extension : d'une part les charges imposées aux propriétaires par l'occupation temporaire sont combattues plus vivement tous les jours; d'autre part il est manifeste que l'industrie aura toujours besoin de disposer définitivement des terrains destinés à la purification de ses résidus; dans ces conditions, l'application des dispositions exceptionnelles de la loi du 21 avril 1810 ne pourrait manquer de rencontrer une sérieuse opposition, qui paraît justifiée et qu'il vaut mieux éviter en s'en tenant au droit commun. Malgré les risques qu'il laisse subsister en ce qui concerne les indemnités, l'article 6 offrira certainement un intérêt considérable pour l'industrie, car la possibilité d'une expropriation suffira en général à rendre les propriétaires plus disposés à céder à l'amiable les terrains nécessaires.

Enfin, le dernier paragraphe de l'article 6 donnera encore de nouveaux moyens de triompher des résistances rencontrées dans l'épuration des résidus des manufactures. Il accorde aux industriels la faculté de constituer des associations syndicales pour l'exécution et l'exploitation à frais communs d'égouts et de procédés d'épuration. On pourrait prétendre que ces facilités sont déjà accordées par les lois des 21 juin 1865 et 22 décembre 1888, puisque l'article 1er, § 6, permet la constitution d'associations syndicales en vue de l'exécution des travaux d'assainissement. Mais les entreprises visées concernent exclusivement la construction d'égouts desservant tous les immeubles riverains de voies publiques ou privées. Il ne s'agit nullement d'égouts spéciaux à plusieurs établissements industriels et surtout de la réalisation de dispositifs de purification. Les dispositions adoptées donnent donc réellement

de nouvelles facilités aux industriels. Mais alors que les propriétaires intéressés aux travaux prévus par le § 6 de l'article 1er de la loi 1865-1888 peuvent être réunis directement en association syndicale autorisée, les associations d'industriels instituées en vertu de la nouvelle loi devront toujours être libres à l'origine, c'est-à-dire ne comprendre que ceux qui consentiront volontairement à en faire partie. Les mesures à prendre pour la purification sont en effet trop diverses et trop spéciales à chaque établissement pour que l'on puisse accorder à une majorité d'industriels le pouvoir de contraindre une minorité à se réunir à eux pour coopérer à une opération d'épuration commune. Mais l'association libre pourra se transformer en association autorisée dans les conditions prévues par l'article 8 de la loi de 1865-1888. Il suffira que la demande soit formée par la majorité prévue à cet égard par les statuts et que l'Administration en reconnaisse le bien-fondé. Cette formalité aura le précieux avantage d'assurer à la collectivité des intéressés le droit d'expropriation et de lui permettre ainsi de triompher des obstacles qui entraveraient la réalisation de leurs travaux.

Les indications qui précèdent montrent que les facilités procurées par l'article 6 viendront heureusement compléter les tolérances accordées aux deux articles précédents ; l'ensemble de ces dispositions rendra aussi légère et aussi pratique que possible pour les industriels l'application des prescriptions qui leur sont sont imposées, en ce qui concerne l'épuration de leurs résidus.

CHAPITRE III

Déversements d'eaux usées des communes.

Article 7.

Le premier paragraphe de l'article 7 impose aux déversements d'eaux usées provenant des communes des conditions identiques à celles auxquelles sont subordonnées les évacuations des résidus industriels. Ce traitement d'égalité est tout d'abord de nature à faire accepter beaucoup plus facilement par l'industrie les charges qui lui sont imposées. Il semble, d'autre part, nécessaire, pour sauvegarder la pureté des eaux, car, si les déversements communaux sont plus rares que ceux provenant des usines, leur importance est en général plus considérable. Enfin, il ne faut pas perdre de vue qu'actuellement l'épuration des sewages est plus facile pratiquement que celle des résidus de certaines industries, et que les dépenses mises à la charge des communes ne seront par suite pas proportionnellement plus lourdes que celles qui incomberont aux particuliers.

Ce point réglé, il convient d'appeler tout spécialement l'attention

sur ce qu'en visant les déversements provenant des *agglomérations communales*, l'article 7 s'est proposé d'atteindre non seulement les eaux usées amenées par les égouts, mais encore celles qui proviendront des fossés des routes et des chemins aboutissant à un cours d'eau. Les opérations de cette nature constituent une cause des plus importantes de pollution qu'il importe de faire disparaître([1]), et l'étude des mesures à adopter dans ce but a longuement retenu l'attention de la Commission chargée de la préparation du projet de loi.

Si l'on envisage séparément les évacuations de chaque habitation dans un fossé, les articles 1 et 2 donnent les moyens de les réprimer, puisque les déversements *indirects*, offrant des inconvénients, sont interdits comme ceux qui sont effectués directement. En pratique, la constatation des délits de cette nature, leur poursuite entraîneraient le plus souvent de sérieuses difficultés, et il est évidemment désirable de remédier autrement à ces sources de pollution. On ne saurait trouver une solution pratique de la question dans l'interdiction absolue des déversements d'eaux usées dans les fossés, car cette prescription aurait pour conséquence l'évacuation dans le sol des déchets de la vie, ce qui, dans les cas les plus fréquents, rendrait inévitable la contamination des eaux souterraines. D'autre part, il est en général difficile de faire intervenir les services de voirie, car la jurisprudence donne aux riverains de la route le droit d'y écouler leurs eaux ménagères et la police de la salubrité appartient tout particulièrement à l'autorité municipale. Est-il possible de mettre en cause la commune, alors qu'elle n'intervient sous aucune forme dans l'accomplissement des actes délictueux, qu'elle n'a exécuté aucun travail pour recevoir les eaux usées, pour les conduire à la rivière. Il a paru que sa responsabilité pouvait être considérée comme engagée, lorsque le groupement des habitations prenait une certaine importance, car il lui appartenait alors de prendre les mesures convenables pour remédier aux nuisances résultant de l'évacuation des eaux usées d'une fraction de sa population. Les cas où sa responsabilité sera ainsi engagée dépendront d'ailleurs évidemment des circonstances.

L'article 7 règle également la procédure à suivre pour la détermination des mesures concernant l'épuration. Il appartiendra aux communes comme aux industriels de proposer les dispositions convenables à cet égard, mais l'Administration ne peut, comme pour ces derniers, se borner à reconnaître si les dispositions pro-

([1]) Une circulaire récente du ministre des Travaux publics (28 juillet 1910) vient d'appeler l'attention des ingénieurs sur la responsabilité qui peut incomber à l'État, au département et aux communes, du fait des dommages causés aux propriétés riveraines par l'écoulement des eaux provenant de ces voies, lorsque des déversements illicites y ont été opérés, notamment des déversements d'eaux polluées autres que les eaux ménagères.

posées sont acceptables : elle doit les imposer dans l'acte d'autorisation, de façon que les communes placées sous sa tutelle soient fixées avec précision sur leurs obligations. C'est au Préfet qu'il appartiendra de statuer en ce qui concerne les déversements communaux; cependant, l'intervention de l'Administration supérieure paraît indispensable dans les cas où leur nuisance sera le plus à redouter, lorsqu'il s'agira d'égouts destinés à recevoir des matières provenant des fosses d'aisances. Dans ces cas on s'était demandé s'il ne conviendrait pas de subordonner les déversements à une déclaration d'utilité publique; mais il a paru que l'intervention du Conseil d'État entraînerait une perte de temps ainsi qu'une complication inutile et qu'il suffirait d'exiger que l'arrêté préfectoral d'autorisation fût approuvé par le Ministre de l'Agriculture ou le Ministre des Travaux publics, suivant la catégorie des cours d'eau où le déversement sera opéré. Les décisions du Préfet et du Ministre devront d'ailleurs, comme pour les résidus industriels, être prises après avis des Commissions de conservation des eaux.

Article 8.

L'article 8 a pour objet de donner à l'Administration les moyens de contraindre les communes à exécuter les travaux qui ont été reconnus nécessaires lorsqu'elles ne proposent pas les dispositions convenables, ou qu'elles ne se conforment pas à celles arrêtées par le Préfet. Le système adopté consiste, comme on l'a indiqué précédemment, à prévoir l'exécution d'office, aux frais des communes, des travaux reconnus indispensables. Conformément aux vues du Ministre de l'Intérieur, il a semblé que le moyen le plus pratique, pour faire couvrir la dépense, consisterait dans l'accomplissement des formalités prévues par l'article 149 de la loi municipale du 5 avril 1884. En conséquence, si le Conseil municipal n'allouait pas les fonds exigés, ou n'allouait qu'une somme insuffisante, l'allocation nécessaire serait inscrite d'office au budget, soit par un arrêté du Préfet en Conseil de préfecture, soit par un décret du Président de la République, suivant que le revenu de la commune serait ou non inférieur à 3 millions. En cas d'insuffisance des ressources de la commune et en cas de refus du Conseil municipal d'y pourvoir, une contribution extraordinaire serait imposée par un décret ou par une loi, suivant qu'elle serait ou non dans les limites du maximum fixé annuellement par la loi de finances.

Article 9.

L'article 9 reconnaît aux communes le droit de se constituer en syndicats dans les conditions prévues par la loi du 22 mars 1890 pour l'usage commun d'égouts et de travaux destinés à l'épuration

des eaux usées. Il a paru nécessaire de prévoir expressément cette faculté pour qu'elle ne puisse être contestée aux communes, car les syndicats intercommunaux ont rencontré parfois certaines difficultés pour se constituer. La formation de ces syndicats, en groupant les efforts de plusieurs communes, permettra de réduire les dépenses nécessitées par l'évacuation et la purification de leurs sewages.

Article 10.

L'article 10 règle comme il suit les conditions dans lesquelles pourront être expropriés les terrains destinés à l'épuration de façon à sauvegarder à la fois les intérêts de la commune et ceux des propriétaires :

« Les projets relatifs à l'épuration des eaux d'égout, par le sol ou par tout autre procédé, pourront faire l'objet de déclarations d'utilité publique autorisant le département, ou les communes, ou les syndicats de communes propriétaires d'égouts, à exproprier les terrains nécessaires pour assurer l'épuration des eaux.

« Si l'épuration doit être effectuée par le sol, ne pourront être compris dans l'expropriation les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenant aux habitations, si mieux n'aime leur propriétaire requérir l'expropriation dans le cas où l'immeuble se trouverait enclavé dans les champs d'épuration. Cette exception sera étendue à une zone attenante à ces immeubles et dont les limites seront déterminées dans chaque cas par l'acte portant déclaration d'utilité publique.

« Les habitants et les propriétaires des communes où seront établis les travaux et ceux des communes dans l'intérêt desquelles ces travaux seront exécutés, ne pourront être appelés à faire partie du jury spécial d'expropriation qui statuera sur les indemnités à allouer. »

Article 11.

L'article 11 présente un intérêt tout particulier, car il pourra permettre dans un grand nombre de cas, de réduire les dépenses nécessitées par l'évacuation et l'épuration des eaux usées en donnant aux communes des moyens faciles de procéder en commun aux opérations de cette nature. L'expérience démontre les avantages qui résultent souvent de l'utilisation par plusieurs communes, des mêmes ressources aquifères pour les besoins de leur alimentation, car les dépenses de premier établissement et d'exploitation sont sensiblement réduites. Cette économie sera au moins aussi marquée dans le cas où il s'agira de construire des égouts et de procéder à épuration des sewages. Pour éviter des difficultés que rencontre-

rait l'entente entre les diverses communes en cause, l'article 11 est ainsi conçu :

« Lorsque les égouts d'une commune traverseront le territoire d'autres communes pour atteindre le lieu de l'épuration ou le cours d'eau où l'effluent est déversé, ces dernières pourront déverser leurs eaux usées dans l'égout établi sous leur sol, à la condition de contribuer proportionnellement à l'usage qui sera fait par elles de cet ouvrage, aux frais d'établissement, d'entretien et d'exploitation des égouts et à ceux des procédés d'épuration.

« En cas de désaccord sur la part contributive de chaque commune, le Préfet statuera, après avis de la Commission départementale. Si les communes appartiennent à des départements différents, il sera statué par décret.

« Lorsqu'il s'agira d'égouts à construire, les communes devront déclarer leur intention d'en faire usage au moment des enquêtes préalables à la déclaration d'utilité publique. Elles ne pourront faire usage des égouts existants que si les dimensions de ces égouts permettent de recevoir leurs eaux. »

Il convient d'ailleurs de signaler que les trois articles qui précèdent sont extraits d'un projet de loi sur les eaux préparé par le Conseil d'État et dont il a déjà été fait mention. La seule modification apportée aux dispositions prévues par la Haute Assemblée concerne la procédure à suivre en cas de désaccord entre les communes sur la part contributive des dépenses faites en commun. Le texte du Conseil d'État prévoyait l'intervention du Conseil de Préfecture sauf recours au Conseil d'État. Il a paru, conformément à l'avis du Ministre de l'Intérieur, que la répartition des dépenses ne présentant pas un caractère contentieux, leur fixation devait appartenir au Préfet plutôt qu'au Conseil de Préfecture. La consultation de la Commission départementale qui est stipulée est justifiée dans une question où les intérêts de plusieurs communes sont en cause et elle présente la plus grande analogie avec les attributions actuelles de ce Conseil.

L'insertion dans le projet de loi des articles 9, 10 et 11 présente le plus grand intérêt, car il assure aux communes des avantages analogues à ceux qui ont été accordés aux industriels pour rendre plus facile et moins onéreuse la réalisation des précautions auxquelles leurs déversements seront subordonnés.

TITRE II

Eaux Souterraines.

Le titre II consacré à la protection des eaux souterraines, comprend 4 articles destinés à remédier aux diverses imperfections que

présente, comme on l'a expliqué précédemment, la législation actuelle.

Articles 12 et 13.

Pour empêcher la pollution des ressources aquifères du sous-sol, on avait d'abord pensé à interdire les diverses opérations *susceptibles* de nuire à la salubrité, de compromettre l'utilisation des eaux souterraines pour les divers usages auxquels elles servent (alimentation, agriculture, industrie). Ces dispositions ont donné lieu à des critiques, car une interdiction aussi générale aurait été de nature à gêner un grand nombre de travaux agricoles et n'aurait pu, par suite, être pratiquement appliquée.

L'examen approfondi de la question a montré qu'il fallait faire une distinction absolue entre les évacuations ou les déversements effectués dans les *profondeurs du sol* et les dépôts ou les déversements pratiqués à *sa surface*. Les évacuations opérées dans le sous-sol sont à redouter en principe et ne peuvent être exécutées que dans les terrains arrêtant les germes de pollution avant leur arrivée aux eaux souterraines.

Au contraire, dans le cas de déversements à la surface du sol, les inconvénients sont beaucoup moins à craindre quelle que soit la nature géologique du sous-sol, car la couche arable a une action épurative très sérieuse. En conséquence, le projet de loi fait une distinction absolue entre les deux catégories d'opérations. L'article 12 subordonne à une autorisation préalable toutes les évacuations, tous les déversements directs ou indirects de matières dans le sol, dans des excavations naturelles ou artificielles, dans des puits ou forages. Par contre, les dépôts ou les déversements à la surface du sol pourront être effectués sans aucune autorisation administrative. Mais si l'expérience fait ressortir leurs inconvénients, le Préfet aura le droit d'exiger leur suppression ou de subordonner leur maintien aux précautions nécessaires pour éviter leurs nuisances (art. 13). Cependant, ces règles générales doivent nécessairement comporter quelques exceptions.

Si les opérations effectuées à la surface du sol sont le plus souvent moins à redouter que celles qui sont pratiquées dans des profondeurs, elles présentent, dans certains cas, des nuisances tellement indiscutables qu'il est nécessaire de ne pas attendre que leurs inconvénients se soient manifestés et qu'il convient de les soumettre à une autorisation préalable. On peut ranger parmi ces opérations les évacuations de certains résidus industriels, les dépôts ou l'utilisation agricole des vidanges, des gadoues *provenant des agglomérations*, l'épuration par le sol des eaux usées des communes. Des précautions s'imposent d'autant plus à leur égard que les difficultés rencontrées pour se débarrasser dans les rivières des

résidus d'industrie et des déchets de la vie conduiront inévitablement à chercher à les évacuer dans le sol.

L'article 13 stipule donc qu'un arrêté du Ministre de l'Agriculture, après avis de la Commission supérieure des eaux, fixera les matières qui ne pourront être mises en dépôt, déversées directement ou indirectement à la surface du sol qu'après une autorisation préalable. Cet arrêté sera pris d'accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie en ce qui touche les résidus industriels et les produits industriels en dépôt ou en travail.

De même que l'intervention administrative doit s'exercer avant tout commencement de réalisation pour certaines entreprises, bien qu'elles ne comportent de déversements qu'à la surface du sol, de même, il est nécessaire, pour tenir compte des nécessités de la pratique, que certaines évacuations dans le sol puissent être effectuées sans autorisation préalable contrairement au régime qui leur est normalement imposé. C'est ainsi que les populations des campagnes ouvrent dans le sol des fosses d'aisances fixes qui ne pourraient pas plus être réglementées d'une façon générale que les opérations agricoles courantes appliquées à la surface du sol telles que l'emploi des fumiers, purins et vidanges sur les terres des exploitations rurales d'où ils proviennent. La Direction de l'Hygiène et de l'Assistance publiques a reconnu, d'accord avec le Ministre de l'Agriculture, qu'il convenait, dans ces conditions, d'apporter des tempéraments à la règle qui régit les évacuations dans le sol. L'article 12 prévoit à cet effet qu'un arrêté du Ministre de l'Agriculture déterminera les cas exceptionnels où une autorisation ne sera pas exigée. Bien entendu, les opérations de cette catégorie qui présenteraient des inconvénients dûment constatés, pourraient être interdites par le Préfet ou subordonnées aux conditions nécessaires pour éviter leurs nuisances.

Dans ces conditions, les prescriptions imposées aux particuliers par les articles 12 et 13 limitent l'intervention administrative aux cas où elle est indispensable et où elles seront réalisables sans difficulté. Les pouvoirs conférés aux préfets permettront de suppléer à l'inertie des maires, et ils sont d'autant plus justifiés que les déversements dangereux peuvent exercer leurs effets bien au delà du territoire de la commune où ils ont été effectués. Le préfet devra d'ailleurs prendre l'avis de la Commission de conservation des eaux avant d'intervenir, de sorte que les intérêts en cause auront la certitude de n'être atteints que dans la mesure indispensable pour éviter la contamination des eaux souterraines.

Article 14.

Pour les opérations soumises au régime de l'autorisation préalable par les articles 12 et 13, la réglementation a été rendue aussi

légère que possible en prévoyant une procédure identique à celle adoptée pour la détermination des dispositifs d'épuration auxquels sont subordonnés certains déversements dans les cours d'eau. C'est aux intéressés qu'il appartiendra de choisir le mode qui leur paraît le plus convenable pour éviter les nuisances de leurs évacuations, et l'autorité préfectorale n'interviendra que pour indiquer qu'elle reconnaît ou non que ces précautions sont acceptables. Afin de compléter les garanties accordées, un délai d'un an est imparti au préfet pour statuer et son arrêté ne devra être pris qu'après avis de la Commission de conservation des eaux.

Les prescriptions qui viennent d'être indiquées risqueraient de demeurer inobservées si elles étaient dépourvues de sanctions; pour l'éviter, le dernier paragraphe de l'article 14 stipule que le simple fait qu'un déversement ou une évacuation de matières rentrant dans les catégories soumises à la réglementation préalable, aura été effectué sans autorisation ou en ne se conformant pas aux dispositions acceptées par les préfets, constituera un délit, *sans qu'il y ait lieu de rechercher quelles en ont été les conséquences.*

Ainsi qu'on l'a déjà expliqué, il aurait été impossible de prendre pour base des poursuites les dommages commis, car l'Administration aurait été le plus souvent dans l'incapacité de démontrer que ces dommages avaient pour origine une cause de contamination déterminée.

Les pénalités prévues pour réprimer ce délit sont les mêmes que celles destinées à punir les infractions aux prescriptions en vue de sauvegarder les cours d'eau.

Article 15.

Les articles 12, 13, 14 ont pour objet de protéger les eaux souterraines contre les évacuations dangereuses provenant des particuliers; l'article 15 vise le même résultat en ce qui touche l'épuration par le sol des eaux usées des communes. Les entreprises ne pourront être réalisées que suivant les dispositions qui seront fixées par le préfet *sur le rapport du service hydraulique*, sous la réserve de l'approbation du Ministre de l'Agriculture.

L'intervention de l'Administration supérieure a paru s'imposer pour examiner si les précautions prévues sont satisfaisantes, car les opérations de cette catégorie peuvent présenter de graves inconvénients lorsqu'elles ne sont pas réalisées dans des conditions convenables. L'épuration biologique naturelle par le sol (épandage avec ou sans utilisation culturale) est assurément un des procédés qui, pour le traitement des eaux usées des villes, fournissent en général les résultats les plus parfaits, avec le minimum de dépenses. Mais ce procédé n'est applicable que lorsqu'on dispose, à une distance acceptable, de terrains suffisamment vastes, assez

peu coûteux, d'une constitution homogène sur une assez grande profondeur, et régulièrement perméables. L'établissement d'un champ d'épandage au voisinage de puits ou d'eaux souterraines servant à l'alimentation et insuffisamment protégées contre les infiltrations, peut constituer un danger si l'épuration est insuffisante, irrégulière ou mal dirigée. L'application rationnelle de l'épandage exige une étude hydro-géologique préalable qui, souvent, n'est pas sérieusement faite et à laquelle le service hydraulique devra toujours procéder de concert avec la Commission de conservation des eaux, et notamment le géologue qui en fait partie.

Lorsque le principe de l'épuration par le sol aura été reconnu admissible, la détermination des surfaces nécessaires pour que la purification soit efficace exigera un examen attentif, car ces surfaces varient suivant le climat, la situation du sol, le choix et la répartition des cultures. Enfin, les conditions dans lesquelles il devra être drainé, qui dépendent de la situation des eaux souterraines, du degré de perméabilité des terrains, de l'importance de volume d'eau épandu, demanderont encore à être étudiées de près.

Il ne suffit d'ailleurs pas que les entreprises d'épandage soient réalisées en prenant les précautions nécessaires pour ne pas compromettre l'utilisation des eaux souterraines, pour ne pas nuire à la salubrité; il faudra encore que le fonctionnement de l'opération soit surveillé d'une façon continue, de manière à éviter une exploitation mal dirigée. Les volumes d'eau soumis à l'épuration, leur mode de déversement, les soins à apporter au sol, ainsi que la nature des cultures développées sur le champ d'épandage, exigent un contrôle constant et attentif. Les Commissions de conservation des eaux pourront d'autant plus utilement intervenir à cet égard, qu'elles auront examiné les projets d'épuration par le sol présentés par les communes et qu'elles auront discuté les conditions auxquelles leur établissement devait être subordonné.

Les indications précédentes étaient nécessaires pour faire ressortir l'importance de la mission qui incombe à l'Administration en matière d'épandage. Pour que son autorité ne soit pas méconnue, il est indispensable qu'elle puisse disposer à l'égard des communes des moyens de contrainte au cas où celles-ci ne se conformeraient pas aux dispositions imposées dans l'intérêt général. Les moyens prévus sont les mêmes que ceux adoptés pour assurer l'épuration de leurs sewages avant leur déversement en rivière, c'est-à-dire l'exécution d'office à leurs frais des travaux nécessaires. Les dépenses seront couvertes, s'il y a lieu, après accomplissement des formalités prévues par l'article 149 de la loi municipale qui ont été indiquées à l'occasion de l'analyse de l'article 8.

TITRE III

Commission de Conservation des Eaux.

Articles 16 et 17.

Le titre III, consacré à l'organisation et au fonctionnement des Commissions de conservation des eaux, comprend 2 articles. L'utilité et l'importance de ces Conseils ont été expliquées en détail précédemment et il est inutile d'y revenir, mais il convient d'insister sur les raisons qui ont conduit à ne pas avoir recours, pour remplir ce rôle, aux Conseils d'hygiène tels qu'ils existent actuellement, et à prévoir que ces Conseils seraient complétés de façon à former en quelque sorte un organisme nouveau.

Les Conseils d'hygiène auraient certainement toute la compétence désirable en ce qui touche les conséquences que peut avoir la contamination des eaux au point de vue sanitaire ; mais la protection des rivières comme des eaux souterraines ne s'impose pas moins pour sauvegarder leur utilisation que pour maintenir la salubrité. De plus il importe, lorsqu'il s'agit de cours d'eau, de veiller à ce que leur écoulement ne puisse être compromis.

L'étude des mesures à prendre pour remplir ce programme ne saurait être poursuivie qu'avec le concours de nombreuses personnalités qui ne font pas en général partie des Conseils d'hygiène. Tout d'abord les agents des services auxquels incombe la police des eaux (service hydraulique, service de navigation) doivent nécessairement intervenir au point de vue administratif comme au point de vue technique. D'autre part, ainsi qu'on l'a reconnu d'une façon générale à l'étranger, les questions relatives à l'épuration ne sauraient être utilement examinées par les seuls hygiénistes, et il convient, pour tenir compte des nécessités pratiques, de consulter des chimistes d'industrie. Enfin, dans le cas des eaux souterraines, l'avis des géologues s'impose.

A ces éléments, il est indispensable d'adjoindre les représentants des diverses catégories d'usagers des eaux : communes, industriels, agriculteurs, syndicats de pêcheurs, de pisciculteurs, de riverains sans l'avis desquels les Conseils placés auprès de l'Administration seraient dans l'impossibilité de remplir convenablement le rôle qui leur est confié de concilier les intérêts en présence si divers.

Étant donnée la complexité des questions à examiner, il ne sera pas moins nécessaire d'avoir recours aux représentants des nombreuses administrations susceptibles de donner un avis utile, notamment aux fonctionnaires des eaux et forêts, aux inspecteurs des établissements classés, aux ingénieurs des améliorations agri-

coles, aux professeurs d'agriculture. La présence de ces divers membres au sein de la Commission évitera la plupart des difficultés que pourrait soulever l'application de la nouvelle loi, et ces avantages suffisent pour justifier la nécessité de les y comprendre.

Le système auquel on s'est arrêté se trouvait dès lors tout indiqué. Il consiste à compléter le Conseil d'hygiène par les membres énumérés précédemment pour l'examen de toutes les questions sur lesquelles le projet de loi estime que le Préfet a besoin d'être éclairé. L'organisme ainsi constitué a été désigné sous le nom de *Commission de conservation des eaux*, qui fait bien ressortir son rôle.

Il a paru nécessaire de créer une Commission nouvelle pour prêter son concours aux Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics dans les cas si délicats où le projet de loi les charge de statuer. En dehors des représentants de ces deux départements ministériels et des grands Conseils déjà existants (Conseil supérieur d'hygiène publique, Conseil supérieur des arts et manufactures), cette Commission est constituée de façon que toutes les compétences, tous les intérêts en présence y trouvent leur place. Le Ministère de l'Intérieur, le Ministère du Commerce et de l'Industrie y seront représentés par les directeurs des services intéressés. A côté des techniciens de divers ordres (chimistes, géologues, etc.) figureront les représentants des diverses catégories d'usagers des eaux. Il y a lieu de signaler à nouveau qu'étant données les conséquences si importantes qui résulteront, pour l'industrie, de la législation nouvelle, le nombre des industriels dans la Commission supérieure comme dans les Commissions de conservation des eaux des départements, a été élevé jusqu'au tiers du nombre total de leurs membres.

La Commission aura à s'occuper à la fois des questions concernant les eaux non domaniales (eaux souterraines, cours d'eau non navigables) et les eaux domaniales (rivières navigables). La protection des eaux non domaniales présente une importance primordiale, car elles sont, comme il a été expliqué précédemment, plus étendues, plus facilement contaminées, plus utilisées pour l'alimentation, l'industrie, l'agriculture que les voies navigables. La Commission a, dans ces conditions, d'un commun accord entre les deux Départements ministériels intéressés, été rattachée au Ministère de l'Agriculture auquel a déjà été confié par toutes les Administrations en cause le soin de procéder aux recherches en vue de l'épuration des eaux usées.

Quant aux attributions des Commissions de conservation des eaux, elles ont été indiquées dans l'étude des articles des deux premiers titres ; il est donc inutile d'y revenir. Il convient cependant de signaler ici que, lorsqu'un arrêté du Préfet, pris par application de la loi projetée, sera l'objet d'un recours hiérarchique devant le

Ministre de l'Agriculture ou des Travaux publics, ceux-ci devront prendre l'avis de la Commission supérieure de conservation des eaux avant de statuer sur la suite à lui donner.

Il y a lieu enfin de signaler que les frais de fonctionnement des Commissions de conservation des eaux et du Laboratoire, adjoint à la Commission supérieure, seront prélevés sur les crédits ouverts au Ministère de l'Agriculture pour les services de l'Hydraulique agricole.

TITRE IV

Pénalités et Constatation des Délits.

Le titre IV comporte 4 articles consacrés aux pénalités, aux agents chargés de constater les délits, à la procédure relative aux poursuites devant les tribunaux, enfin à l'intervention de certaines associations dans les poursuites.

Article 18.

L'article 18, qui concerne les pénalités, range toutes les infractions diverses à la loi, aux règlements d'administration publique ou aux arrêtés préfectoraux pris en vertu de son application, dans la catégorie des délits et prescrit qu'elles seront jugées comme telles par les tribunaux correctionnels.

La compétence de ces tribunaux ordinaires a d'ailleurs été prévue, même en ce qui concerne les infractions sur les rivières du domaine public, alors que les contraventions commises sur ces cours d'eau sont, à titre de contraventions de grande voirie, justiciables jusqu'à présent des seuls tribunaux administratifs. Il convient de ne pas s'étonner de cette différence de juridiction que justifie la nature même des actes délictueux commis. Les contraventions soumises aux conseils de préfecture portent, en effet, sur des matières d'un ordre purement administratif : la conservation du domaine public et sa mise en usage en vue de sa fin essentielle, la navigation, ce qui explique que les tribunaux administratifs restent juges de la répression de faits dont ils sont mieux que tous autres en situation d'apprécier convenablement la portée. Au contraire, dans le cas actuel, il s'agit de matières d'un ordre bien plus général et qui, au surplus, touchent à des intérêts qui ne sont pas liés d'une manière immédiate à la conservation et à la gestion du domaine public. On comprend donc ici la possibilité de recourir pour la répression à une juridiction autre que les tribunaux administratifs et de déférer les délinquants aux tribunaux ordinaires. La convenance de cette solution est d'ailleurs confirmée par les précédents suivis en matière

de pêche et en matière de police du roulage. Il convient d'ailleurs d'ajouter que si, à l'avenir, les opérations nuisibles à la salubrité ou gênant l'écoulement des eaux, sans porter atteinte à la navigation, seront réprimées en vertu de la présente loi par les tribunaux judiciaires, les actes susceptibles de compromettre la circulation par eau ou la conservation du domaine public seront au contraire punis, en vertu des anciens textes, par les conseils de préfecture.

La compétence des tribunaux civils pour l'application de la loi sur les deux catégories de cours d'eau ainsi justifiée, il convient de régler une question d'importance capitale, celle de la fixation des pénalités destinées à réprimer les délits envisagés; c'est d'elles, en effet, que dépend le succès de la nouvelle législation, qui ne sera strictement observée que si elles sont efficaces. Ainsi qu'on l'a longuement expliqué précédemment, le système adopté en vue de contraindre les établissements industriels à avoir recours aux moyens d'épuration convenables pour faire cesser la pollution est celui de l'astreinte pénale, sur l'application duquel on reviendra plus loin. Mais, à côté de cette pénalité, l'article 18 prévoit des amendes pour punir les délits commis, quelle que soit leur nature, et fixe leur montant de 50 à 100 francs pour la première condamnation, de 100 à 2000 francs en cas de récidive.

Il a paru utile de définir la récidive pour fixer le délai pendant lequel un nouveau délit sera puni plus sévèrement et pour éviter que celui qui violerait successivement deux dispositions différentes de la loi et, en particulier, qui contaminerait les eaux souterraines après avoir pollué un cours d'eau, ne puisse échapper à une condamnation plus forte pour le deuxième délit. La définition suivante adoptée est analogue à celle qui figure dans la loi sur les fraudes : « Sera considéré comme étant en état de récidive quiconque ayant été condamné par application de la présente loi, aura. dans les cinq ans qui suivront la date à laquelle cette condamnation sera devenue définitive, commis un nouveau délit tombant sous l'application de la présente loi. » De plus, l'article 18 prévoit qu'en cas de pluralité des délits, l'amende sera appliquée autant de fois qu'il aura été relevé d'infractions, de façon à empêcher le tribunal de confondre les peines relatives à plusieurs délits.

Sur les pressantes instances des industriels, les circonstances atténuantes ont été admises pour la première condamnation. Mais il a été stipulé que l'amende ne descendrait pas au-dessous de 16 francs, minimum des amendes correctionnelles, dans le but de conserver à la condamnation son caractère correctionnel. Par contre, il a été spécifié que la loi du 26 mars 1891, relative au sursis, ne serait pas applicable aux amendes édictées par la présente loi; les procès-verbaux n'étant dressés qu'après avertissement, le sursis comporterait une indulgence excessive et ne pourrait qu'énerver la répression.

Enfin, pour que, dans le cas des établissements industriels, les pénalités atteignent ceux auxquels incombe la véritable responsabilité des délits commis, l'article 18 comporte les deux dispositions suivantes :

« Lorsqu'il s'agira d'un déversement ou d'une évacuation de résidus industriels, les chefs de l'industrie, gérants, administrateurs ou directeurs, pourront être rendus *pénalement* responsables des délits commis par leurs ouvriers ou leurs employés.

« Dans tous les cas, les maîtres de l'entreprise (particuliers ou sociétés) seront *civilement* responsables des condamnations prononcées contre leurs ouvriers, employés, gérants, administrateurs ou directeurs. »

Il convient de faire remarquer la distinction faite au point de vue de la responsabilité civile et de la responsabilité pénale. Alors que la première retombera toujours sur les maîtres de l'entreprise, il appartiendra aux tribunaux d'apprécier, en tenant compte des circonstances, au nom de qui doit être prononcée la condamnation. On s'était demandé s'il ne conviendrait pas de rendre, dans tous les cas, les chefs d'industrie, gérants, administrateurs ou directeurs pénalement responsables des délits de leurs ouvriers ou employés; mais cette solution a été écartée, car, dans certains cas, ces derniers doivent être personnellement frappés, notamment s'ils ont commis une infraction par négligence ou par mauvaise volonté.

Malgré leur importance, les pénalités qui viennent d'être envisagées ne suffiraient pas à imposer l'obligation aux industriels d'avoir recours à l'épuration pour les éviter. Pour obtenir ce résultat, le jugement devra toujours *imposer au maître de l'entreprise l'obligation de prendre les dispositions nécessaires en vue de faire cesser la pollution des eaux et lui impartir un délai pour leur mise en fonctionnement sous peine, pour chaque jour de retard, d'une astreinte pénale qui ne devra, en aucun cas, se confondre avec les amendes dont il a été question précédemment.* Ce système a donné en Angleterre les résultats les plus satisfaisants et ses avantages incontestables, notamment pour permettre d'atteindre les sociétés, ainsi que les observations qu'il soulève au point de vue juridique, ont été développés dans un chapitre précédent; il y a lieu seulement, ici, d'indiquer comment il sera appliqué.

Les travaux à exécuter pour sauvegarder le cours d'eau ou les eaux souterraines ne seront pas déterminés par le jugement mais en se conformant à la procédure prévue aux articles 5 et 14, c'est-à-dire qu'ils devront être proposés par l'intéressé et reconnus acceptables par l'Administration. On évitera ainsi les expertises longues et coûteuses qui seraient indispensables s'il appartenait aux tribunaux de statuer en ce qui touche les dispositifs d'épuration et on empêchera les difficultés qui pourraient se produire si

l'autorité administrative et l'autorité judiciaire n'étaient pas d'accord sur la nature des précautions à prendre.

Par contre, c'est au tribunal qu'il appartiendra de fixer l'amende journalière formant astreinte, ainsi que le délai imparti pour la mise en fonctionnement des dispositifs d'épuration. L'article 18 a prévu pour le taux de ces amendes les limites étendues de 5 à 100 francs de façon qu'il soit possible, comme le demandent avec juste raison les industriels, de tenir compte de l'importance de l'établissement incriminé. Pour la détermination du délai d'exécution, l'Administration devra évidemment fournir à l'autorité judiciaire tous les renseignements susceptibles de l'éclairer, notamment le degré d'urgence des travaux et l'indication de leur durée probable. Enfin, il importe que l'intervention administrative nécessaire pour reconnaître l'efficacité des mesures projetées par le maître de l'entreprise ne puisse pas être une cause de retard pour leur réalisation ; l'article 18 stipule à cet effet que le Préfet devra accuser réception des propositions qui lui seront adressées et statuer sur elles dans un délai maximum de six mois. En terminant ce qui est relatif aux pénalités, il convient de signaler que leur rigueur nécessaire ne sera pas excessive, car les délinquants ne seront frappés qu'en cas de mauvaise volonté évidente, et, sauf des cas très graves, les agents de l'Administration ne dresseront procès-verbal qu'après les avoir avertis et les avoir mis en demeure de faire cesser l'acte délictueux dont ils sont responsables.

Article 19.

Les questions concernant l'application des pénalités étant ainsi réglées, l'article 19 fixe les conditions dans lesquelles les délits seront constatés. Les procès-verbaux relatifs aux infractions commises seront dressés par les agents du service hydraulique en ce qui touche la protection des cours d'eau non navigables et des eaux souterraines, par les agents des services de navigation en ce qui touche les rivières navigables. Ces agents seront *respectivement* commissionnés à cet effet par le Ministre de l'Agriculture et par le Ministre des Travaux publics. Ils agiront, soit sur leur initiative, soit sur celle des intéressés.

Il a paru nécessaire de faire aider ces fonctionnaires dans la tâche si lourde qui leur incombra, et il est prévu que des agents pourront être spécialement commissionnés à cet effet : le concours de certains agents appelés à intervenir dans les manufactures, des gardes-rivières et des gardes-pêche, sera très précieux à cet égard.

Pour que l'action publique ne puisse être mise en mouvement, au sujet d'un même délit, par des autorités différentes, les procès-verbaux émanant des divers agents commissionnés seront centralisés entre les mains soit de l'ingénieur en chef du service hydrau-

lique pour les eaux non domaniales, soit de l'ingénieur en chef de la navigation pour les eaux domaniales; ces fonctionnaires en feront parvenir une expédition au procureur de la République et en adresseront une autre au préfet à titre de renseignement. Les procès-verbaux des agents commissionnés feront foi jusqu'à preuve du contraire. Mais, pour éviter tout abus, ne seront commissionnés par le Ministre que les agents qui présenteront toutes les garanties désirables pour remplir la mission qui leur incombera. Les Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics devront d'ailleurs obtenir l'agrément des autorités dont dépendent les agents déjà chargés d'un service public (fonctionnaires de l'Etat, des départements ou des communes) avant de les commissionner.

Afin de permettre de procéder aux constatations qu'exige l'application de la loi, les agents des diverses catégories précédemment indiquées auront le droit de pénétrer de jour ainsi que de nuit dans les usines closes et non closes et leurs dépendances. Cependant, ils ne pourront pénétrer de nuit dans les parties closes qu'accompagnés d'un représentant de l'autorité municipale ou d'un comsaire de police.

Les facilités ainsi accordées en vue d'assurer l'application de la loi pourront permettre aux agents d'être au courant des secrets de fabrication et, en général, des procédés d'exploitation; il serait absolument inadmissible qu'ils fissent connaître ces renseignements dont pourraient tirer profit des concurrents déloyaux. Aussi, le projet de loi leur impose-t-il l'obligation de prêter serment de ne pas les révéler. Toute violation de ce serment sera punie de pénalités très sévères prévues à l'article 278 du Code pénal qui permet d'infliger une condamnation allant jusqu'à six mois de prison et 500 francs d'amende. Par contre, il est indispensable que les industriels ne puissent empêcher les agents préposés à la surveillance des déversements de remplir leur mission. L'article 19 stipule, dans ce but, les mêmes prescriptions que celles qui ont été prévues dans la loi réglementant le travail dans les manufactures : « Sera puni d'une amende de 100 à 500 francs quiconque aura mis obstacle à l'accomplissement des devoirs des agents ci-dessus mentionnés. En cas de récidive, l'amende sera portée de 500 à 1000 francs. Les tribunaux correctionnels pourront appliquer pour la condamnation les dispositions de l'article 463 du Code pénal, sans que l'amende puisse être inférieure à 16 francs.

Article 20.

Les dispositions qui viennent d'être analysées doivent être complétées de façon à régler ce qui concerne la constatation des délits ainsi que les poursuites devant les tribunaux, et en particulier en vue de fixer les conditions dans lesquelles les prélèvements d'échan-

tillons des déversements seront opérés et les laboratoires qui seront chargés des analyses. L'article 20 confie aux Ministres de l'Agriculture et des Travaux publics le soin de statuer de concert à cet égard. Il a paru convenable de faire intervenir des arrêtés ministériels de préférence à des règlements d'administration publique, parce que, étant donnée la complexité des matières à réglementer, la pratique pourra montrer la nécessité d'apporter quelques changements aux prescriptions édictées et que ces modifications pourront être ainsi beaucoup plus facilement réalisées.

Article 21.

Le dernier article du titre IV a pour objet de répondre à un vœu unanimement exprimé par les sociétés de pêcheurs et de pisciculteurs dont l'action est entravée, parce qu'elles ne peuvent actuellement intervenir personnellement devant les tribunaux pour obtenir réparation des dommages causés par les déversements qui détruisent les poissons. L'article 21 leur confère cette faculté en leur permettant d'exercer les droits reconnus à la partie civile par le Code d'instruction criminelle et il leur donne ainsi les moyens de se substituer à l'Administration si celle-ci n'intervenait pas pour réprimer les infractions commises. Ces droits ne sont pas d'ailleurs accordés seulement aux sociétés de pêcheurs et de pisciculteurs, mais encore à tous les groupements qui peuvent être lésés par les évacuations opérées dans les rivières et notamment, sur les cours d'eau non navigables, aux associations de curage dont la charge est augmentée par les dépôts résultant de certains déversements.

TITRE V

Dispositions diverses et transitoires.

Le titre V et dernier, qui concerne les dispositions diverses et transitoires, comprend deux articles.

Article 22.

L'article 22 prévoit que des règlements d'administration publique, rendus sur la proposition du Ministre de l'Agriculture et du Ministre des Travaux publics, fixeront les mesures à prendre pour l'application de la loi en dehors de celles dont la détermination a été conférée au Ministre.

Article 23.

L'article 23 règle les dispositions transitoires qui, comme on l'a précédemment expliqué, présentent la plus grande importance,

puisqu'elles doivent permettre de remédier le plus rapidement possible à la pollution des eaux sans bouleverser l'industrie, sans imposer aux communes des charges inacceptables.

Les mesures prévues dans ce but sont les suivantes :

Les communes, les établissements industriels effectuant des déversements d'eaux usées au moment de la promulgation de la présente loi, devront, au plus tard, quatre ans après cette date, avoir mis en fonctionnement les dispositifs nécessaires pour épurer leurs résidus avant leur évacuation dans les cours d'eau. Les dispositions à adopter seront déterminées comme il a été indiqué aux articles 5 et 7, c'est-à-dire qu'elles seront proposées par les industriels, les communes, auxquels un délai de deux ans est accordé à cet effet, et devront avoir été reconnues acceptables par le préfet.

Au bout d'une période de dix ans, les usines et les égouts existants rentreront dans le droit commun et leurs déversements seront soumis aux conditions imposées par l'article 2.

Les travaux complémentaires à exécuter pour que cette obligation soit remplie devront être soumis par les intéressés au préfet dans un délai de huit ans après la promulgation de la présente loi.

Les mesures transitoires auxquelles on s'est arrêté en ce qui concerne la protection des eaux souterraines sont les suivantes. Bien que leur pollution puisse présenter des inconvénients plus graves encore que celles des cours d'eau, il n'a pas semblé possible d'exiger l'observation immédiate des articles 12, 13, 14 et 15, et il a été prévu un délai de quatre ans pour s'y conformer. Les intéressés (communes et particuliers) devront soumettre au préfet, au plus tard deux ans après la promulgation de la loi, les mesures qu'ils comptent prendre pour ne pas compromettre l'utilisation des eaux souterraines et ne pas nuire à leur salubrité. Il n'est d'ailleurs pas douteux que ces dispositions ne peuvent faire obstacle à l'application des lois en vigueur qui permettraient de remédier à ces causes de pollution.

En résumé, l'article 22, dans son ensemble, paraît de nature à assurer l'application assez rapide de la nouvelle loi, tout en laissant aux particuliers et aux communes des délais suffisants pour s'y conformer sans difficultés.

Il reste enfin à signaler que les moyens de coercition prévus à l'égard des entreprises postérieures à la loi, pourraient être employés en ce qui touche les travaux déjà exécutés si les industriels ou les communes se refusaient à prendre les précautions nécessaires pour qu'ils ne puissent préjudicier à la pureté des rivières ou des eaux souterraines.

Tels sont les motifs du projet de loi que le Gouvernement soumet aujourd'hui à la Chambre des Députés. Les dispositions proposées répondent incontestablement au but que l'on se proposait d'atteindre. Elles donnent à l'Administration les moyens d'exercer

plus étroitement et plus efficacement son contrôle, tout en laissant aux industriels et aux communes l'initiative et l'indépendance désirables dans le choix des procédés d'épuration. Les sujétions imposées sont encore réduites en procurant les plus grandes facilités pour la purification des eaux usées, en accordant toutes les tolérances compatibles avec l'intérêt général. Enfin, si les prescriptions édictées pour prévenir la contamination ne sont pas observées, les moyens de répression mis entre les mains de l'État, qui constituent l'une des particularités les plus caractéristiques du projet de loi, permettront d'obtenir que les délinquants ne puissent se soustraire aux obligations qui leur sont imposées.

L'adoption de ces mesures par le Parlement ne pourra manquer d'avoir les plus heureux effets pour la prospérité nationale. La santé et la richesse publiques profiteront également des bienfaits d'une législation qui fera disparaître des causes d'insalubrité préjudiciables à la vie humaine et qui supprimera des sources de pollution néfastes pour la bonne utilisation des ressources hydrauliques de notre territoire.

PROJET DE LOI

Le Président de la République française

Décrète :

Le projet de loi dont la teneur suit sera présenté à la Chambre des Députés par le Ministre de l'Agriculture et par le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, qui sont chargés d'en exposer les motifs et d'en soutenir la discussion :

TITRE PREMIER

Cours d'Eau.

CHAPITRE PREMIER

Dispositions générales.

ARTICLE PREMIER.

Il est interdit de jeter, de déverser ou laisser écouler, soit directement, soit indirectement, dans les cours d'eau aucune matière susceptible de nuire :

A la conservation et à l'écoulement des eaux ;

A la salubrité ;

A l'utilisation des eaux pour l'alimentation des animaux, pour les besoins domestiques, pour les emplois agricoles ou industriels ;

A la faune et à la flore aquatiques utiles.

ARTICLE 2.

Des arrêtés concertés entre le Ministre de l'Agriculture et le Ministre des Travaux publics fixeront les conditions que les jets, déversements ou écoulements devront remplir aux points de vue organoleptique, physique, chimique et bactériologique.

Le simple fait qu'un jet, déversement ou écoulement ne remplit pas les conditions ainsi fixées constituera un délit, sans qu'il y ait lieu de rechercher quelles en ont été les conséquences.

CHAPITRE II

Déversements des résidus industriels.

ARTICLE 3.

Des arrêtés pris par le Ministre de l'Agriculture et par le Ministre des Travaux publics, après accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie, fixeront les industries qui ne pourront déverser directement ou indirectement leurs résidus dans les cours d'eau qu'après leur avoir fait subir une épuration efficace.

Les dispositions à prendre pour l'épuration seront proposées par l'industriel et devront être reconnues acceptables par un arrêté du préfet rendu, dans le délai d'un an, sur le rapport du service chargé de la police du cours d'eau.

Les déversements effectués sans épuration préalable ou en ne se conformant pas aux dispositions acceptées par le préfet seront assimilés aux délits prévus par les articles 1 et 2.

Le préfet pourra toujours prescrire la revision des dispositions agréées par lui pour l'épuration, si les déversements ne remplissent pas les conditions imposées à l'article 2.

ARTICLE 4.

Les résidus industriels, dont les déversements dans les cours d'eau sont interdits, pourront être admis, sous réserve de l'autorisation de l'autorité compétente, dans les égouts autorisés, comme il est prévu au chapitre 3.

Toutefois, un arrêté du préfet, sur le rapport du service chargé de la police des cours d'eau, pourra interdire l'admission dans les égouts de certains résidus industriels ou la subordonner à certaines conditions.

ARTICLE 5.

Des arrêtés pris, chacun en ce qui concerne les cours d'eau dont il a la gestion, par le Ministre de l'Agriculture et par le Ministre des Travaux publics, fixeront les sections de cours d'eau où les déversements de résidus industriels pourront être effectués, bien que ne remplissant pas les conditions imposées à l'article 2, sous la réserve d'avoir subi une épuration préalable, comme il est prévu à l'article 3.

Cette tolérance pourra toujours être retirée par un arrêté du Ministre compétent, mais les industries qui en bénéficiaient disposeront, pour se conformer aux conditions imposées à l'article 2, d'un délai qui sera fixé par le préfet sur le rapport du service

chargé de la police du cours d'eau, sans pouvoir être inférieur à deux ans ni supérieur à quatre ans.

ARTICLE 6.

Les irrigations au moyen des eaux résiduaires d'industrie bénéficieront de la servitude d'aqueduc telle qu'elle est réglée par la loi du 29 avril 1845. Les propriétaires des fonds traversés pourront toujours exiger que les eaux soient renfermées dans des tuyaux ou des aqueducs souterrains.

Lorsque la pollution d'un cours d'eau par les résidus d'un établissement industriel, rentrant dans la catégorie définie à l'article 5, ne pourra disparaître que par des travaux s'étendant en dehors de l'immeuble d'où ils proviennent, la commune pourra exproprier, pour le compte des propriétaires de l'établissement, après l'accomplissement des formalités prescrites par la loi du 3 mai 1841, les propriétés indispensables à l'exécution des travaux. Toutefois, ne pourront être compris dans cette expropriation les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenants aux habitations.

L'exécution, l'entretien et l'exploitation d'égouts et de procédés d'épuration pourront donner lieu à la constitution d'associations syndicales libres. Ces associations pourront être transformées en associations autorisées par application de l'article 8 de la loi du 21 juin 1865, 22 décembre 1888, dans les conditions de majorité déterminées par les statuts.

CHAPITRE III

Déversements d'eaux usées provenant des communes.

ARTICLE 7.

Les déversements d'eaux usées provenant des agglomérations communales ne pourront être effectués directement ou indirectement dans les cours d'eau que s'ils remplissent les conditions imposées à l'article 2, § 1er.

Les dispositions à prendre à cet effet seront proposées par la commune et devront être fixées par le préfet sur le rapport du service chargé de la police du cours d'eau.

Si les égouts sont destinés à recevoir des matières provenant des fosses d'aisance, l'arrêté du préfet devra être approuvé par le Ministre de l'Agriculture ou par le Ministre des Travaux publics suivant la nature du cours d'eau où les déversements sont effectués.

ARTICLE 8.

Faute par les communes de proposer les dispositions nécessaires ou de se conformer à celles arrêtées par le préfet, il y sera pourvu,

après une mise en demeure sans résultat, d'office et à leurs frais. Les mesures nécessaires pour couvrir la dépense seront ordonnées après l'accomplissement des formalités et dans les conditions prévues par l'article 149 de la loi du 5 avril 1884.

Article 9.

Les communes pourront se constituer en syndicats dans les conditions prévues par la loi du 22 mars 1890, pour l'usage commun d'égouts et de travaux destinés à l'épuration des eaux usées.

Article 10.

Les projets relatifs à l'épuration des eaux d'égout par le sol ou par tout autre procédé pourront faire l'objet de déclarations d'utilité publique autorisant le département ou les communes, ou les syndicats de communes, propriétaires des égouts, à exproprier les terrains nécessaires pour assurer l'épuration des eaux.

Si l'épuration doit être effectuée par le sol, ne pourront être compris dans l'expropriation les maisons, cours, jardins, parcs et enclos attenants aux habitations, si mieux n'aime leur propriétaire requérir l'expropriation dans le cas où l'immeuble se trouverait enclavé dans les champs d'épuration. Cette exception sera étendue à une zone attenante à ces immeubles et dont les limites seront déterminées dans chaque cas par l'acte portant déclaration d'utilité publique.

Les habitants et les propriétaires des communes où seront établis les travaux, et ceux des communes dans l'intérêt desquelles ces travaux seront exécutés ne pourront être appelés à faire partie du jury spécial d'expropriation qui statuera sur les indemnités à allouer.

Article 11.

Lorsque les égouts d'une commune traverseront le territoire d'autres communes pour atteindre le lieu de l'épuration ou le cours d'eau où l'effluent est déversé, ces dernières pourront déverser leurs eaux usées dans l'égout établi sous leur sol à la condition de contribuer, proportionnellement à l'usage qui sera fait par elles de cet ouvrage, aux frais d'établissement, d'entretien et d'exploitation des égouts et à ceux des procédés d'épuration.

En cas de désaccord sur la part contributive de chaque commune, le préfet statuera après avis de la Commission départementale. Lorsque les communes appartiendront à des départements différents, il sera statué par décret.

Lorsqu'il s'agira d'égouts à construire, les communes devront déclarer leur intention d'en faire usage au moment des enquêtes préalables à la déclaration d'utilité publique. Elles ne pourront

faire usage des égouts existants que si les dimensions de ces égouts permettent de recevoir leurs eaux.

TITRE II

Eaux Souterraines.

Article 12.

Aucune évacuation, aucun déversement direct ou indirect de matières ne pourra être effectué dans le sol, dans des excavations naturelles ou artificielles, dans des puits ou forages, qu'après que des dispositions convenables auront été prises pour ne pas compromettre l'utilisation des eaux souterraines et ne pas nuire à la salubrité.

Toutefois, un arrêté du Ministre de l'Agriculture fixera les évacuations ou déversements dans le sol qui pourront être effectués à titre exceptionnel sans autorisation préalable. Un arrêté du préfet, sur le rapport du service hydraulique, pourra toujours soit interdire, soit subordonner à certaines conditions les opérations de cette catégorie qui compromettraient l'utilisation des eaux souterraines ou qui nuiraient à la salubrité.

Article 13.

Un arrêté du préfet, sur le rapport du service hydraulique, pourra, soit interdire, soit subordonner à certaines conditions, le dépôt, le déversement direct ou indirect à la surface du sol des matières qui compromettraient l'utilisation des eaux souterraines ou qui nuiraient à la salubrité.

Toutefois, un arrêté du Ministre de l'Agriculture fixera les matières qui ne pourront être mises en dépôt, déversées directement ou indirectement à la surface du sol, qu'après que des dispositions convenables auront été prises pour ne pas compromettre l'utilisation des eaux et ne pas nuire à la salubrité. Cet arrêté devra être pris d'accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie en ce qui concerne les résidus industriels en dépôt ou en travail.

Article 14.

Les dispositions à prendre en vertu de l'article 12, § 1er, et de l'article 13, § 2, seront proposées par l'intéressé et devront être reconnues acceptables par un arrêté du préfet, rendu dans le délai d'un an sur le rapport du service hydraulique.

Le simple fait qu'une évacuation ou un déversement de matières

prévu par ces articles a été effectué sans autorisation, ou en ne se conformant pas aux dispositions arrêtées par le Préfet, constituera un délit, sans qu'il y ait lieu de rechercher quelles en ont été les conséquences.

Article 15.

Les opérations d'épuration par le sol des eaux usées provenant des communes ne pourront être effectuées qu'à la condition de ne pas compromettre l'utilisation des eaux souterraines et de ne pas nuire à la salubrité.

Les dispositions à prendre à cet effet seront proposées par les communes et fixées par un arrêté du Préfet sur le rapport du service hydraulique. Cet arrêté devra être approuvé par le Ministre de l'Agriculture.

Faute par les communes de proposer les dispositions nécessaires ou de se conformer à celles arrêtées par le Préfet, il y sera pourvu d'office et à leurs frais, comme il est prévu à l'article 8.

TITRE III

Commissions de Conservation des Eaux.

Article 16.

Il sera institué auprès de la Direction de l'hydraulique et des améliorations agricoles, une Commission supérieure de conservation des eaux, dont les membres seront nommés par le Ministre de l'Agriculture.

Cette Commission comprendra deux membres de la Commission de l'hydraulique et des améliorations agricoles, deux membres du Conseil général des ponts et chaussées désignés par le Ministre des Travaux publics, deux membres du Conseil supérieur d'hygiène publique de France désignés par le Ministre de l'Intérieur, deux membres du Comité consultatif des arts et manufactures désignés par le Ministre du Commerce et de l'Industrie, le directeur de l'hydraulique et des améliorations agricoles au Ministère de l'Agriculture, le directeur des routes et de la navigation au Ministère des Travaux publics, le directeur des affaires départementales et communales et le directeur de l'hygiène et de l'assistance publiques au Ministère de l'Intérieur, le directeur du personnel de la marine marchande et des transports et le directeur des affaires commerciales et industrielles au Ministère du Commerce et de l'Industrie, des inspecteurs généraux ou ingénieurs du service hydraulique, des inspecteurs généraux ou ingénieurs des ponts et chaussées, des inspecteurs généraux ou ingénieurs du service des amé-

liorations agricoles, des représentants des diverses administrations intéressées, des géologues, des chimistes, des industriels, des agriculteurs, des représentants de communes, de syndicats de riverains, de pêcheurs et de pisciculteurs.

Le nombre des industriels dans la Commission devra toujours être le tiers du nombre total de ses membres.

Un laboratoire sera créé auprès de la Commission pour effectuer les recherches nécessaires à son fonctionnement et pour procéder à l'expérimentation des systèmes d'épuration ainsi qu'à des études en vue de leur amélioration. Les dépenses entraînées par cette organisation et par le fonctionnement de la Commission supérieure des eaux seront supportées par les crédits ordinaires inscrits au budget du Ministère de l'Agriculture pour les services de l'hydraulique agricole.

Les arrêtés du Ministre de l'Agriculture et du Ministre des Travaux publics, prévus aux articles 2, 3, 5, et du Ministre de l'Agriculture prévus aux articles 12 et 13 devront être pris après avis de la Commission supérieure de conservation des eaux.

Lorsqu'un arrêté de Préfet, pris par application des articles 3,4, 7,12,13,14,15, fera l'objet d'un recours au Ministre, il sera statué après avis de la Commission supérieure de conservation des eaux.

Article 17.

Les arrêtés du Préfet, prévus aux articles 3, 4, 7, 12, 13, 14, 15, devront être pris après avis d'une Commission dite « de conservation des eaux » formé du Conseil départemental d'hygiène, auquel seront adjoints les membres suivants : deux représentants du service hydraulique. deux représentants du service chargé de la police des rivières navigables, des représentants des administrations intéressées, un chimiste, un géologue, des industriels, un agriculteur, un représentant des syndicats de riverains, de pêcheurs, de pisciculteurs.

Les membres de cette Commission seront nommés par le Préfet.

Le nombre des industriels devra toujours être le tiers du nombre total des membres de la Commission.

Les frais de fonctionnement des Commissions de conservation des eaux seront imputés sur les crédits ordinaires inscrits au budget du Ministère de l'Agriculture pour les services de l'hydraulique agricole.

TITRE IV

Pénalités et constatation des délits.

ARTICLE 18.

Les infractions aux articles 1, 2, 3, 12, 13, 23 de la présente loi, aux arrêtés préfectoraux pris en vertu des articles 3, 4, 12, 13, 14, 23 et aux règlements d'administration publique prévus à l'article 22, seront punies par les tribunaux correctionnels d'une amende de 50 à 100 francs. En cas de récidive, cette amende sera portée de 100 à 2000 francs.

Sera considéré comme étant en état de récidive quiconque, ayant été condamné par application de la présente loi, aura, dans les cinq ans qui suivront la date à laquelle cette condamnation sera devenue définitive, commis un nouveau délit tombant sous l'application de la présente loi.

En cas de pluralité des délits, l'amende sera appliquée autant de fois qu'il aura été relevé d'infractions.

Les tribunaux correctionnels pourront appliquer, pour la première condamnation, les dispositions de l'article 463 du Code pénal, sans que l'amende puisse être inférieure à 16 francs.

Le sursis à l'exécution des peines d'amendes édictées par le présent article ne pourra être prononcé en vertu de la loi du 26 mars 1891.

Lorsqu'il s'agira d'un déversement ou d'une évacuation de résidus industriels, les chefs de l'industrie, gérants, administrateurs ou directeurs pourront être rendus pénalement responsables des délits commis par leurs ouvriers ou leurs employés.

Dans tous les cas, les maîtres de l'entreprise — (particuliers ou sociétés) — seront civilement responsables des condamnations prononcées contre leurs ouvriers, employés, gérants, administrateurs ou directeurs.

Le jugement devra toujours imposer au maître de l'entreprise l'obligation de prendre, dans les conditions prévues aux articles 3 et 14, les dispositions nécessaires pour sauvegarder le cours d'eau ou les eaux souterraines, et lui impartir un délai pour leur mise en fonctionnement, sous peine, pour chaque jour de retard, d'une astreinte pénale qui sera fixée entre 5 francs et 100 francs par jour, suivant l'importance de l'établissement, et qui ne devra, en aucun cas, se confondre avec les amendes prévues aux paragraphes précédents.

Le préfet devra accuser réception des propositions qui seront faites par le maître de l'entreprise en ce qui concerne l'épuration, et lui notifier, dans un délai de six mois, s'il les reconnaît ou non acceptables.

Article 19.

Les procès-verbaux constatant les infractions commises seront dressés par les agents du service hydraulique ou du service des ponts et chaussées, commissionnés à cet effet par le Ministre de l'Agriculture ou par le Ministre des Travaux publics, soit sur leur initiative, soit sur la plainte des intéressés.

La constatation nécessaire pour réprimer les infractions commises pourra être faite, indépendamment des agents du service hydraulique ou du service des ponts et chaussées, par des agents spécialement commissionnés à cet effet par le Ministre de l'Agriculture ou par le Ministre des Travaux publics.

Les procès-verbaux seront transmis à l'ingénieur en chef du service hydraulique ou à l'ingénieur en chef chargé de la police des cours d'eau navigables, qui en adressera deux expéditions, l'une au préfet, l'autre au procureur de la République.

Les agents des deux catégories pourront pénétrer de jour et de nuit dans les usines closes et non closes ou leurs dépendances, pour procéder aux constatations qu'exige l'application de la présente loi. Pour pénétrer de nuit dans les parties closes, ils devront être accompagnés d'un représentant de l'autorité municipale ou d'un commissaire de police.

Ils prêteront serment de ne point révéler les secrets de fabrication et en général les procédés d'exploitation dont ils pourraient prendre connaissance dans l'exercice de leurs fonctions. Toute violation de ce serment sera punie conformément à l'article 378 du Code pénal.

Sera punie d'une amende de 100 à 500 francs quiconque aura mis obstacle à l'accomplissement des devoirs des agents sus-mentionnés. En cas de récidive, l'amende sera portée de 500 francs à 1000 francs. Les tribunaux correctionnels pourront appliquer, pour la première condamnation, les dispositions de l'article 463 du Code pénal, sans que l'amende puisse être inférieure à 16 francs.

Article 20.

Des arrêtés, concertés entre le Ministre de l'Agriculture et le Ministre des Travaux publics, fixeront les conditions dans lesquelles les prélèvements d'échantillons des déversements seront opérés, les laboratoires chargés des analyses, ainsi que toutes les autres mesures ayant pour objet la constatation des délits et les poursuites devant les tribunaux.

Article 21.

Les associations syndicales constituées en vertu des lois des 21 juin 1865, 22 décembre 1888, les associations organisées par

l'administration en vertu des lois des 14 floréal an XI, 16 septembre 1807 et 8 avril 1898, les associations de riverains pour la protection des cours d'eau, et les syndicats et sociétés de pêcheurs formés en vertu de la loi du 1er juillet 1901 pourront exercer les droits reconnus à la partie civile par les articles 63, 64, 66, 67, 68 et 182 du Code d'instruction criminelle, en ce qui concerne l'exécution de la présente loi.

TITRE V

Dispositions diverses et transitoires.

Article 22.

Des règlements d'administration publique, rendus sur la proposition du Ministre de l'Agriculture et du Ministre des Travaux publics, fixeront les mesures à prendre pour l'application de la présente loi.

Article 23.

Les déversements dans les cours d'eau provenant des établissements industriels ou des égouts communaux existant au moment de la promulgation de la présente loi ne pourront plus être effectués dans un délai de quatre ans s'il n'ont pas été au préalable épurés comme il est prévu aux articles 3 et 7.

Ils devront, dans un délai de dix ans, remplir les conditions imposés à l'article 2, § 1er.

Les dispositions à prendre pour l'épuration des résidus provenant de ces établissements ou de ces égouts devront être proposées par les industriels ou par les communes au préfet, au plus tard deux ans, et mises en fonctionnement après avoir été reconnues acceptables par celui-ci, au plus tard quatre ans après la promulgation de la présente loi.

Les travaux complémentaires à effectuer, pour que les déversements remplissent les conditions imposées à l'article 2, § 1er, devront être soumis par les intéressés au préfet dans un délai de huit ans après la promulgation de la présente loi et reconnus acceptables par celui-ci.

Les évacuations ou déversements de matières effectués dans le sol, dans des excavations naturelles ou artificielles, dans des puits ou forages autres que ceux prévus au deuxième paragraphe de l'article 12; les dépôts ou déversements à la surface du sol rentrant dans la catégorie définie au deuxième paragraphe de l'article 13, les opérations d'épuration par le sol des eaux usées des communes, qui existeront au moment de la promulgation de la

présente loi, ne pourront plus être effectués dans un délai de quatre ans s'ils ne remplissent pas les conditions imposées aux articles 12, 13 et 15.

Les dispositions à prendre à cet effet devront être proposées par les intéressés au préfet, au plus tard deux ans, et mises en fonctionnement, après avoir été reconnus acceptables par celui-ci, au plus tard quatre ans après la promulgation de la présente loi.

Fait à Paris, le 24 décembre 1910.

Signé : A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

Le Ministre de l'Agriculture,
Signé : RAYNAUD.

Le Ministre des Travaux publics,
des Postes et des Télégraphes.
Signé : Louis PUECH.

Critiques de la Chambre de Commerce de Paris et de l'Union des Fabricants de papiers de France.

TITRE PREMIER

CHAPITRE PREMIER

Dispositions générales.

I. — Critiques de la Chambre de Commerce de Paris.

Il y a délit, que le déversement soit *volontaire ou non*, *direct ou indirect* et *qu'il ait eu ou non des conséquences fâcheuses*; ce délit est constitué par le seul fait que les matières déversées ne remplissent pas les conditions que nous venons de lire.

La lecture de ce texte montre clairement que tous les emplois de l'eau étant prévus, sauf l'alimentation humaine, on peut dire d'un mot, en langage vulgaire : il faut que l'eau, après le déversement, demeure *pure*, sans qu'on exige qu'elle soit *potable*. Que doit donc être le déversement pour n'être pas délictueux? L'article 2 lui impose avec une très grande précision des conditions *organoleptiques* (celles qui impressionnent les organes des sens, aspect, odeur, saveur), *physiques* (densité, température), *chimiques* (matières en dissolution), enfin *bactériologiques* (teneur en microbes).

On voit que rien n'est oublié, et que les déversements, rigoureusement passés au filtre de l'examen des techniciens, devront être eux-mêmes presque de l'eau pure pour ne pas altérer la pureté des cours d'eau et des nappes souterraines; c'est une véritable révolution dans les habitudes traditionnelles de la vie humaine. N'avions-nous pas raison de dire qu'il est difficile de porter *a priori* un jugement sur les conséquences d'une pareille loi si elle venait à être votée par le Parlement?

Il est certain que cela mettrait entre les mains des deux Départements de l'Agriculture et des Travaux Publics, appuyés sur les hygiénistes, un pouvoir considérable vis-à-vis des communes et des industriels. Il est vrai que l'Administration promet de « ne pas

imposer aux communes et à l'industrie des charges inacceptables ». Mais sera-ce possible, et quelles garanties offre-t-on aux intéressés? La suite de l'examen du projet va nous éclairer à cet égard. Disons cependant tout de suite que les conditions exigées nous semblent avoir été déterminées par des préoccupations exclusivement hygiéniques, sans qu'il soit tenu compte de la possibilité de satisfaire à ces prescriptions. En sorte que cette présomption de culpabilité apparaît vraiment peu équitable vis-à-vis des contrevenants de bonne foi, dont la principale excuse serait la tradition séculaire.

II. — Critique de l'Union des Fabricants de papiers de France

Il nous paraît impossible que la qualité des eaux de toute rivière puisse répondre complètement aux exigences de l'article premier, d'un caractère trop théorique.

Aucune eau ne nous semble susceptible de satisfaire à toutes les prescriptions à prévoir au point de vue organoleptique, physique, chimique et bactériologique.

Il n'est pas admissible en outre que le seul fait d'un déversement constitue un délit si ce déversement *n'a eu aucune conséquence*. Les industriels pourraient être ainsi en état d'infraction permanente. Nous exprimons donc le désir que le second alinéa de l'article 2 soit supprimé.

CHAPITRE II

Déversements des résidus industriels.

I. — Critiques de la Chambre de Commerce de Paris.

Le chapitre II comprenant les articles 3, 4, 5 et 6 a rapport aux déversements industriels : c'est donc celui qui nous touche de plus près. L'article 3 dispose que des arrêtés ministériels fixeront les industries qui ne pourront déverser leurs résidus dans les cours d'eau qu'après leur avoir fait subir une épuration efficace. On retrouve ici le classement des établissements insalubres : les dispositions à prendre pour l'épuration seront proposées par l'industriel et devront être reconnues acceptables par un arrêté du préfet.

Nous devons croire à une intention libérale dans cette faculté laissée à l'industriel de choisir le procédé d'épuration; car il faut bien reconnaître que si l'on adoptait la solution inverse, c'est-à-dire la détermination par le préfet du mode d'épuration, l'industriel serait en droit d'objecter que d'autres procédés existent, plus pratiques ou moins coûteux. La solution proposée est donc à ce point de vue satisfaisante.

Les articles 4, 5 et 6 indiquent la louable préoccupation de relâcher un peu les liens si étroits dans lesquels les articles 1 et 2 ont enfermé les producteurs d'eaux résiduaires. L'article 4 autorise l'admission dans les égouts des résidus industriels, sous réserve d'autorisation. L'article 5 prévoit que dans certaines sections de cours d'eau, ces résidus pourront être déversés sans remplir les conditions rigoureuses de l'article 2, moyennant une épuration qui sera suivant les cas plus ou moins complète. L'article 6, enfin, donne certaines facilités pour l'épuration : bénéfice de la servitude d'aqueduc en cas d'épandages, facultés d'expropriation par la commune pour le compte des propriétaires de l'établissement, si les travaux nécessaires au traitement des résidus devaient être exécutés en dehors de l'usine d'où ils proviennent.

II. — L'Union des Fabricants de papiers ne formule aucune critique au sujet du Chapitre II.

TITRE III

Commissions de conservation des Eaux.

Critiques de la Chambre de Commerce de Paris.

Nous avons dit plus haut, et on a pu en juger par ce rapide examen, que la loi dont nous nous occupons remettrait entre les mains des Ministres de l'Agriculture et des Travaux Publics un pouvoir considérable.

Le titre III apporte pourtant une sage restriction à ce pouvoir par la création d'organes consultatifs spéciaux, dont la composition est particulièrement intéressante.

L'article 16 institue auprès de la Direction de l'Hydraulique une *Commission supérieure de conservation des eaux*. Cette Commission, dont les membres sont nommés par le Ministre de l'Agriculture, comprend, avec les fonctionnaires intéressés, des représentants du Conseil supérieur d'hygiène, du Comité consultatif des arts et manufactures, des géologues, des chimistes, des industriels, des agriculteurs, des représentants de communes, de syndicats de riverains, de pêcheurs et de pisciculteurs.

Les arrêtés des Ministres prévus dans le projet de loi devront être pris après avis de cette Commission, et lorsqu'un arrêté de Préfet fera l'objet d'un recours au Ministre, il sera statué également après avis de cette Commission.

L'article 17 porte que les arrêtés de Préfet prévus dans le projet devront être pris après avis d'une Commission dite « *de conservation des eaux* », formée du Conseil départemental d'hygiène, auquel

seront adjoints des représentants des administrations intéressées, un chimiste, un géologue, des industriels, un agriculteur, un représentant des syndicats de riverains, de pêcheurs, de pisciculteurs.

Ces commissions ne sont que consultatives, car jamais le pouvoir exécutif n'accepterait de leur subordonner entièrement sa décision. Mais nous ne croyons pas qu'un Préfet, et moins encore peut-être un Ministre, se risquerait à prendre sur des questions d'un ordre si spécial un arrêté dont les conséquences pourraient être des plus graves contre l'avis d'une Commission technique à laquelle la loi l'oblige à en référer.

Nous estimons donc qu'on peut considérer ces Commissions comme présentant de sérieuses garanties, surtout si l'on veut bien observer que le tiers au moins du nombre total de leurs membres devra être composé d'*industriels*. Nous croyons que cette condition apporte un contrepoids salutaire à la toute-puissance administrative et au zèle, parfois excessif, des hygiénistes.

La Chambre de Commerce ne manquera pas de comparer ces commissions spéciales au *Conseil supérieur* et aux *Conseils départementaux des établissements classés* dont elle demandait la création au moment de la première proposition de loi de M. Chautemps : il est particulièrement intéressant de constater que ni M. le Sénateur Chautemps, ni le Ministre du Commerce n'ont voulu accepter cette création, tandis qu'aujourd'hui le Ministre de l'Agriculture, avec toutes les précautions que lui suggère le souci de son rôle administratif, n'hésite pas à proposer pour la réglementation des déversements d'eaux résiduaires des organes absolument identiques, dont le rôle serait tout à fait essentiel dans le fonctionnement de la loi. Ajoutons que les Ministres du Commerce et des Travaux Publics ayant donné leur adhésion entière à ce projet, nous pouvons espérer ne plus rencontrer de la part du premier de ces Ministres l'opposition irréductible que nous rappelons plus haut, quand nous redemanderons au Parlement des Conseils spéciaux des Établissements classés.

TITRE IV

Pénalités et Constatation des délits.

I. — Critiques de la Chambre de Commerce de Paris.

Le titre IV traite des pénalités : certaines sont exagérées, car il ne faut pas oublier que le délit peut être involontaire.

Ce qui nous paraît devoir surtout attirer l'attention, c'est que les procès-verbaux concernant les infractions seront dressés soit par les agents du service hydraulique ou du service des ponts et

chaussées, soit par des agents *commissionnés* à cet effet par le Ministre, ayant pouvoir de pénétrer de jour et de nuit dans les usines.

Nous avons dit, à propos des inspecteurs des Établissements classés, combien cette faculté nous semble redoutable : on comprend que ces agents puissent ainsi surprendre des secrets et commettre des indiscrétions qu'aucune sanction pénale ne saurait réparer, et, quant aux réparations civiles, comment pourra-t-on en poursuivre la réalisation? Nous ne voyons pas la nécessité d'introduire dans les usines une nouvelle catégorie de fonctionnaires : elles sont visitées déjà par les inspecteurs du travail et ceux des Établissements classés. N'est-ce point suffisant, et devons-nous vraiment montrer nos ateliers à tout venant? Les résidus d'une usine peuvent être examinés à l'extérieur, et la seule chose à vérifier à l'intérieur, d'après la présente loi, serait l'existence de puisards. Il n'y aurait qu'à en confier la surveillance à des agents ayant déjà le droit d'entrée.

II. — Critiques de l'Union des Fabricants de papiers.

Art. 18. — Cet article, outre qu'il nous semble d'une sévérité exagérée quant à l'importance des sanctions, prévoit la responsabilité civile et *pénale* de l'industriel. Or, la responsabilité pénale est toujours individuelle dans le droit français et il est injuste et impossible de l'appliquer aux industriels, qu'ils soient patrons, gérants, administrateurs ou directeurs. En effet, ces derniers ne sont pas seuls dans leurs établissements; ils peuvent être victimes d'ouvriers inconscients, maladroits ou paresseux, qui laisseraient écouler à la rivière, en dépit des ordres donnés, des produits de contamination. De plus, étant donné l'état d'esprit qui règne parfois dans l'élément ouvrier, il n'est pas téméraire de prévoir un nouveau mode de sabotage que l'industriel serait appelé à supporter *pénalement*.

Nous demandons que les chefs d'industries, gérants, administrateurs ou directeurs ne puissent être rendus *pénalement* responsables des délits commis par leur personnel.

Art. 19. — Cet article, suivant le quatrième alinéa, donne le droit aux agents et fonctionnaires chargés de l'application de la loi, de pénétrer de jour et de nuit dans les usines closes et leurs dépendances. Nous demandons la suppression de l'obligation pour l'industriel de laisser pénétrer les agents dans ses établissements à quelque heure que ce soit, sans son autorisation ou sans un préavis suffisant lui permettant d'assister à la visite des fonctionnaires.

De plus, le serment prêté par les agents de l'autorité de ne pas révéler les secrets de fabrication qu'ils auraient pu surprendre lors

de leur visite dans les établissements visés, ne semble pas une garantie suffisante aux industriels, non plus que les pénalités qui pourraient frapper les dits agents pour la divulgation de ces secrets. La preuve de ce délit, qui serait le plus souvent involontaire, *sera, en pratique, presque toujours impossible à faire.*

Art. 21. — Cet article consacre une disposition de la plus haute gravité. On ne peut admettre, en effet, que les syndicats de pêcheurs, de riverains, de pisciculteurs ou tous autres groupe- *ayant un intérêt très spécial dans la question*, aient la faculté d'intervenir personnellement devant les tribunaux et de se substituer à l'administration pour réprimer les infractions commises; les industries *seraient alors sous la dépendance absolue de ces groupements.*

Le plus notoire des inconvénients de cette disposition serait de tenir la porte ouverte *aux vengeances, aux rivalités locales* et même aux tentatives de chantage. Ce serait enfin un aveu d'impuissance de la part de l'autorité administrative en ce qui concerne la constatation des délits et leur répression, et pour tout dire, ce serait la surveillance d'une catégorie de citoyens par une autre catégorie de citoyens ayant des intérêts contradictoires, alors que les agents de l'administration présenteraient plus de garanties d'impartialité.

Dispositions transactionnelles et amendements proposés par nous.

TITRE PREMIER

CHAPITRE PREMIER

Dispositions générales.

Nous ne verrions aucun inconvénient à modifier la rédaction des articles premier et 2 du projet de loi, car la définition des matières dont le déversement dans les cours d'eau est susceptible de nuire gagnerait à être précisée de telle sorte qu'elle ne prêtât à aucune discussion. *Il ne s'agit évidemment pas d'obliger les industriels ou les communes à rendre aux rivières une eau plus pure que celle qu'ils peuvent leur emprunter.* On doit seulement exiger qu'ils ne la rendent pas inutilisable à autrui après en avoir fait eux-mêmes l'usage que comportaient leurs besoins.

D'autre part, il est tout à fait inutile et impossible de fixer les conditions que les jets, déversements ou écoulements, devront remplir au point de vue *organoleptique*, *physique*, *chimique* et *bactériologique*. Ces conditions devront varier à l'infini suivant les localités, suivant les circonstances, suivant les saisons, sous peine de rendre impraticable toute espèce d'industrie et de ruiner les régions les plus prospères de la France. Il est donc préférable de renoncer à une réglementation de détail qui ne pourrait jamais être appliquée.

On ne saurait en outre admettre que, dans certains cas, par exemple aux époques de fortes crues des rivières, on ne puisse tolérer à titre exceptionnel et momentané des déversements d'eaux incomplètement épurées, si ces déversements sont reconnus inoffensifs par les autorités compétentes. Il faut donc prévoir la possibilité d'accorder ces autorisations temporaires.

Enfin nous estimons qu'un déversement non autorisé ne peut constituer un *délit* que s'il peut en résulter un *dommage pour la santé publique ou une atteinte aux intérêts généraux que la loi a pour objet de sauvegarder*. Si le déversement n'est susceptible de produire aucune nuisance (par exemple s'il s'agit d'eaux de condensation de chaudières convenablement refroidies ou d'eaux de lavage du sol suffisamment décantées) il n'y a pas lieu de l'interdire et il serait étrange d'en poursuivre les auteurs.

Nous proposons donc de modifier comme suit le texte des articles 1er et 2.

Texte que nous proposons d'adopter :

Article premier.

« Il est interdit de jeter, déverser ou laisser écouler soit directement, soit indirectement, dans les cours d'eau aucune matière susceptible :

De gêner l'écoulement des eaux ;

De provoquer des envasements, des fermentations ou des réactions chimiques qui auraient pour résultat de créer une cause d'insalubrité ou de rendre, en aval du point de déversement, les eaux inutilisables pour les besoins domestiques et pour les emplois agricoles ou industriels ;

D'intoxiquer les poissons.

Article 2.

Hormis les cas pour lesquels l'autorisation de déversement dans des conditions particulières aura été dûment sollicitée et accordée par l'autorité compétente, le simple fait qu'un jet, déversement ou écoulement est susceptible de réaliser l'une des causes de nuisance énumérées à l'article premier constituera un délit. »

CHAPITRE II

Déversements des résidus industriels.

Texte dont nous proposons l'adoption : (Les additions au texte du projet de loi sont en *italiques*).

ARTICLE 3.

« Des arrêtés pris par le Ministre de l'Agriculture et par le Ministre des Travaux publics, après accord avec le Ministre du Commerce et de l'Industrie, fixeront les industries qui ne pourront déverser directement ou indirectement leurs résidus dans les cours d'eau qu'après leur avoir fait subir une épuration efficace *ou les avoir rendus inoffensifs.*

Les dispositions à prendre pour l'épuration seront proposées par l'industriel et devront être reconnues acceptables par un arrêté du préfet rendu dans le délai d'un an sur le rapport du service chargé de la police des cours d'eau, qui *tiendra compte, dans chaque cas particulier, des circonstances locales, des besoins de l'industrie et des intérêts engagés.* »

(Le reste de l'article 3 et les articles 4, 5 et 6 sans changements).

CHAPITRE III

Déversements d'eaux usées provenant des communes.

Nous ne proposons aucune modification au texte de ce chapitre III.

TITRE II

Eaux souterraines.

Nous ne proposons aucune modification au texte des articles 12 *et* 13 *formant le titre II du projet de loi.*

TITRE III

Commission de conservation des Eaux.

Nous n'avons aucune modification à proposer au texte des articles 15, 16 *et* 17, *formant le titre III du projet de loi.*

TITRE IV

Pénalités et constatation des délits.

Texte que nous proposons d'adopter :

Articles 18, 19 et 20.

Sans changement.

Article 21.

Il serait, à notre avis, nécessaire de limiter aux associations de riverains, aux syndicats ou sociétés de pêcheurs *directement intéressés*, le droit d'exercer des poursuites en se portant partie civile, afin d'éviter que ce droit dégénère en abus dans certaines localités rurales où les hostilités politiques sont parfois féroces.

Nous proposons donc de modifier cet article 21 comme suit : « Les associations syndicales constituées en vertu des lois des 21 juin 1865, 22 décembre 1888, les associations organisées par l'Administration en vertu des lois des 14 floréal an XI, 16 septembre 1807 et 8 avril 1898, les associations de riverains pour la protection des cours d'eau et les syndicats et sociétés de pêcheurs *directement intéressés*, formés en vertu de la loi du 1er juillet 1901, pourront exercer les droits reconnus à la partie civile par les articles 63, 64, 66, 67, 68 et 182 du Code d'instruction criminelle, en ce qui concerne l'exécution de la présente loi. »

TITRE V

Dispositions diverses et transitoires.

Ce titre V relatif aux dispositions diverses et transitoires, ne donne lieu, de notre part, à aucune observation.

Les quelques modifications qui précèdent et que nous proposons d'apporter au texte du projet de loi élaboré par la Commission plénière, nous paraissent de nature à sauvegarder les intérêts respectables de l'industrie sans porter la moindre atteinte à ceux de la santé publique ni aux droits des citoyens qui veulent pouvoir disposer partout d'eaux utilisables pour leurs besoins agricoles ou industriels.

Nous souhaitons qu'elles reçoivent l'approbation des intéressés et que, par suite, le Parlement ne tarde pas davantage à doter notre pays d'une législation libérale et bienfaisante que réclament avec tant de légitime insistance tous les citoyens soucieux du bien public.

CHAPITRE II

LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE

La station de la Madeleine comprend un certain nombre de dispositifs nouvellement établis et ceux décrits dans nos

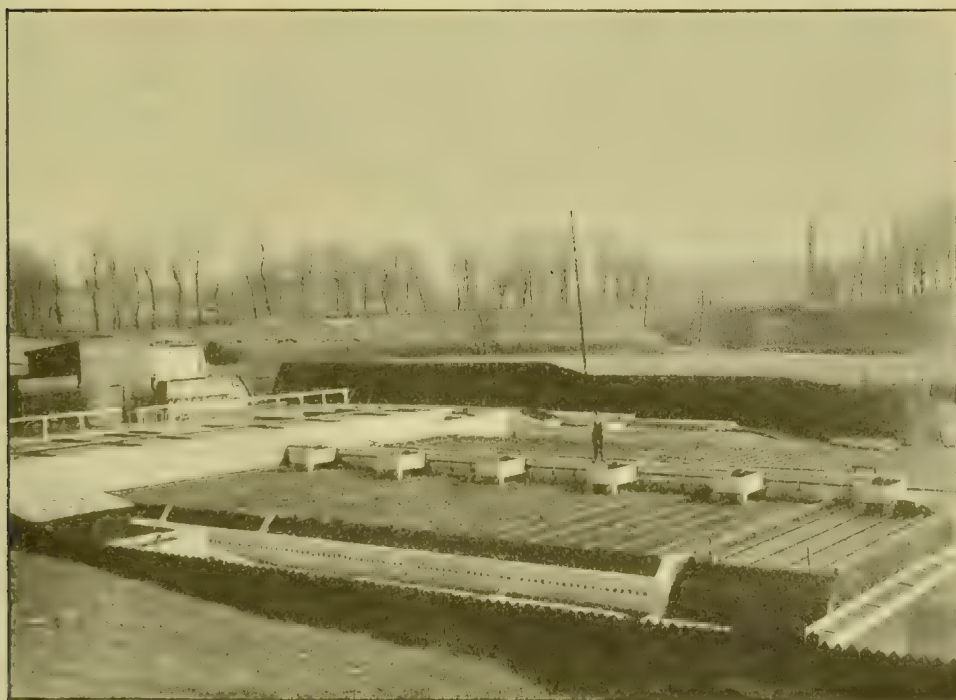


Fig. 1. — Station expérimentale de La Madeleine.

volumes précédents, que nous croyons utile de rappeler brièvement.

Les eaux résiduaires d'une partie de la ville de la Madeleine sont dérivées par un barrage dans l'égout qui se déversait primitivement dans la Deûle ; elles traversent une grille destinée à retenir les corps flottants volumineux, puis un

régulateur système Parenty, qui règle l'admission des eaux de manière que leur volume n'excède pas celui déterminé pour les expériences. A la sortie du régulateur, les eaux se divisent en deux courants, lesquels traversent d'abord des *décanteurs à sables*, où elles abandonnent les matières lourdes et imputrescibles (sables, graviers, scories, etc.), pour tomber ensuite dans deux *fosses septiques*, ouvertes à l'air libre, d'une capacité utile de 282 mètres cubes chacune.

Parallèlement à ces fosses se trouve l'ancien bassin collecteur, qui est devenu sans utilité depuis le remplacement des lits de contact par les lits à percolation.

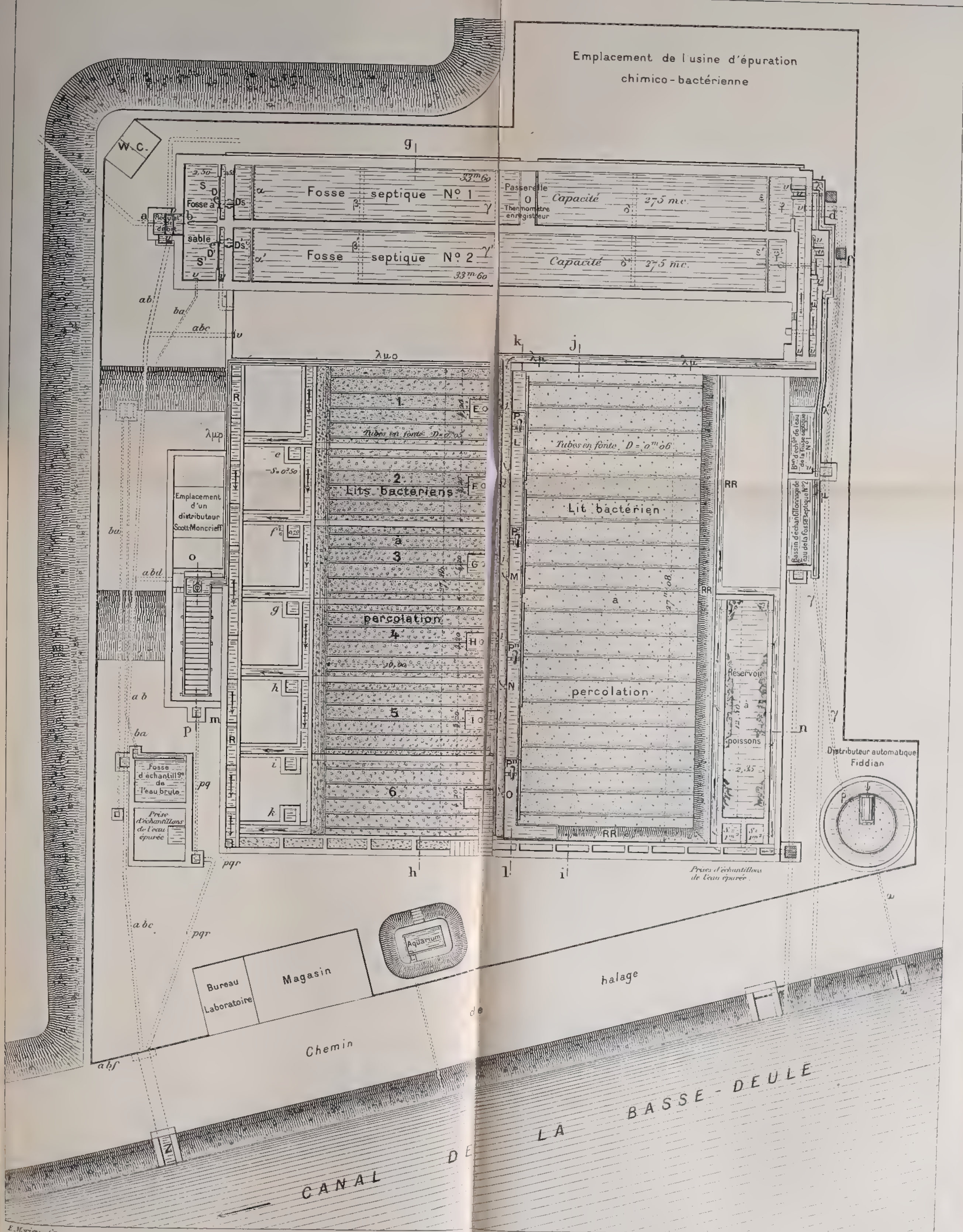
Au sortir des fosses, l'effluent est conduit par un canal perpendiculaire à la direction de celles-ci et, de chaque côté de ce canal, se trouvent les *lits bactériens*. Les lits bactériens à percolation (côté gauche du plan) alimentés par six réservoirs de chasse avec siphons automatiques type Geneste-Herscher ont été, pour la facilité des expériences que nous désirions poursuivre, partagés par des cloisons en quatre lits indépendants.

Le lit bactérien n° 1 est constitué par des fragments de tourbe et de pierres calcaires de la grosseur d'un œuf de poule mélangés dans la proportion de 3 de tourbe pour 1 de pierres calcaires. De plus, pour éviter que les intempéries n'effritent trop rapidement les couches superficielles de la tourbe, nous avons recouvert le lit d'une mince couche de briques cassées.

Le lit bactérien n° 2 est composé de briques cassées en fragments de la grosseur d'un œuf de poule, mélangées aux mêmes pierres calcaires et dans la même proportion que pour le lit n° 1.

Les lits bactériens n°s 3, 4 et 5, désignés sous le seul n° 3 sont les anciens lits gardés tels. Ils sont actuellement remplacés par trois autres lits que nous décrirons dans le prochain volume.

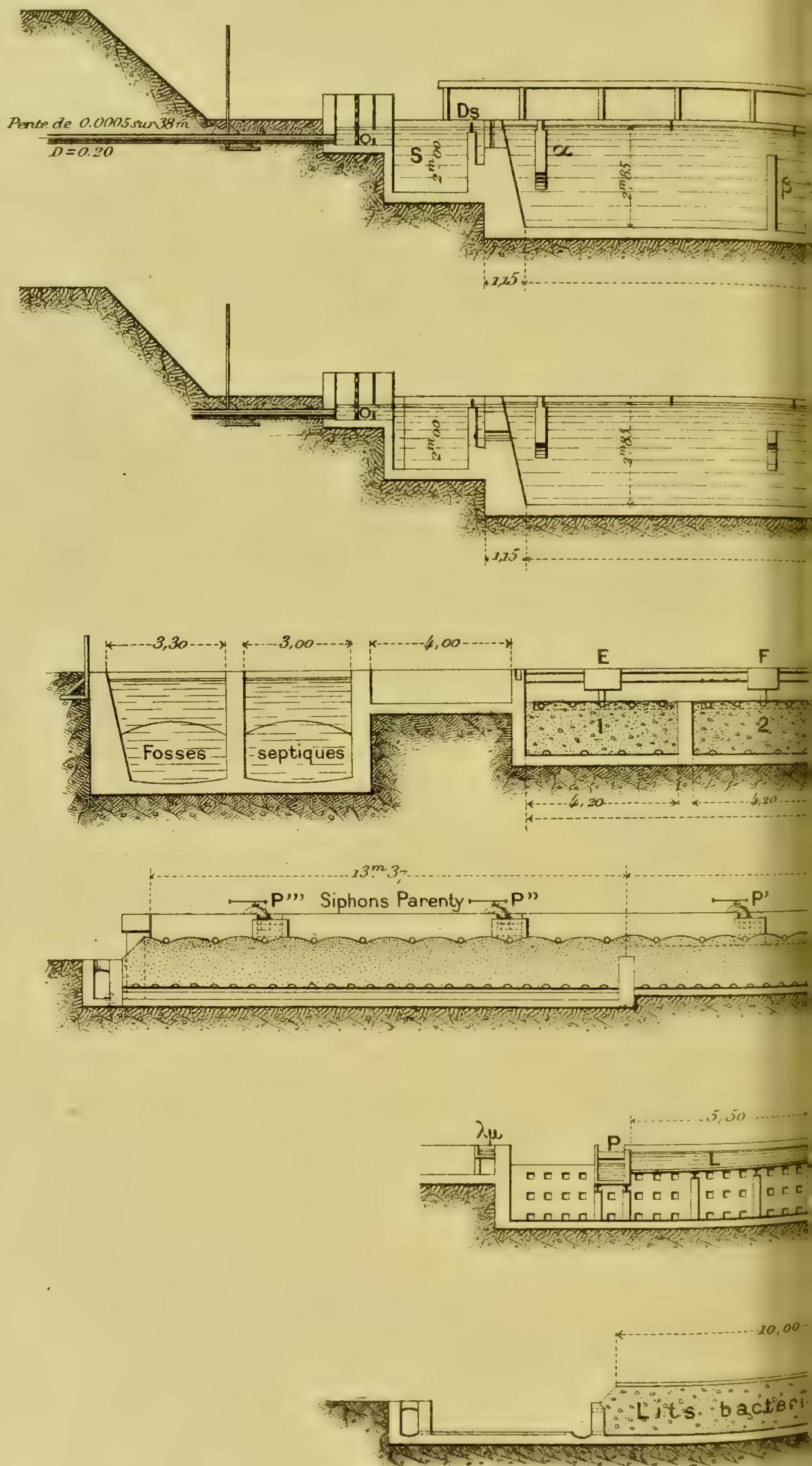
Le lit bactérien n° 6 est construit avec des briques disposées les unes horizontalement, les autres verticalement, par couches alternatives en quinconces, laissant entre elles des espaces vides rectangulaires dans chacun desquels on a placé un mélange de morceaux de tourbe et de pierres calcaires comme pour le lit n° 1. Ces cellules de briques ont une hauteur



E. Morieu, Gr.

STATION EXPÉRIMENTALE DE LA MADELEINE.

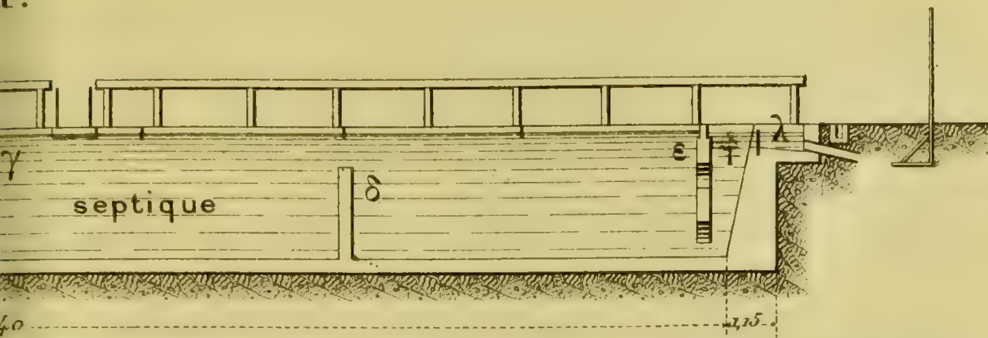
Imp. Dufrénoy, Paris.



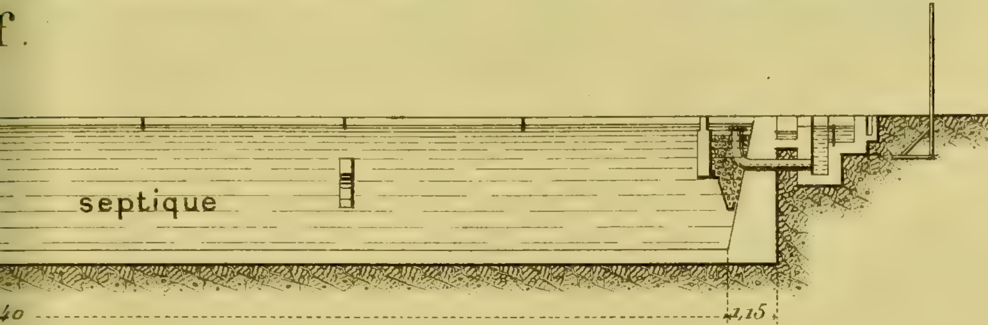
E. Morieu, Gr.

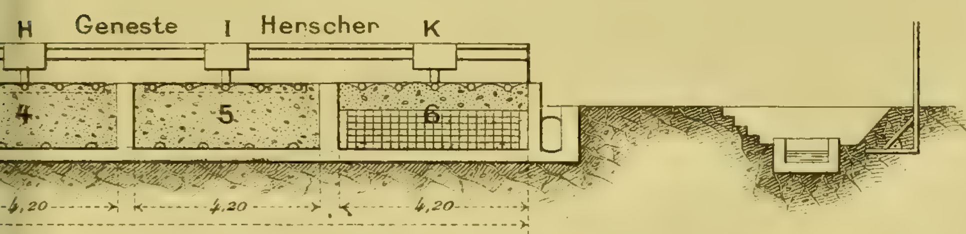
STATION EXPÉRI

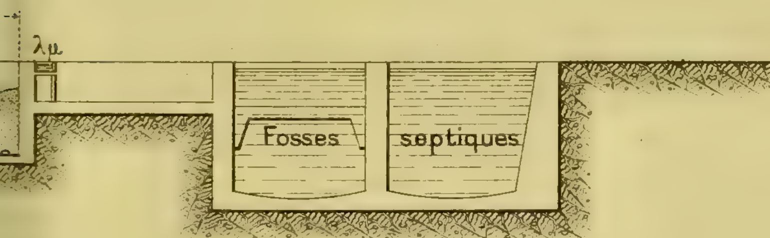
1.

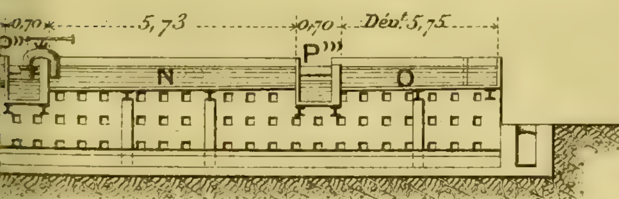


f.











E. Morieu Gr.

LA MADELEINE.

Lith. Dufrénoy, Paris.

de 1 mètre et sont recouvertes sur 40 centimètres d'une couche de scories pour assurer une meilleure répartition des eaux.

Les lits bactériens figurés à la partie droite du plan, alimentés par des bassins de chasse avec siphon Parenty, sont composés de deux tiers de scories et d'un tiers de pierres calcaires; ils n'ont subi, depuis leur construction, (décembre 1908) aucune modification, ni entretien.

En mars 1911 nous avons remplacé le siphon n° 1 par un siphon Parenty, et le siphon n° 6 par un siphon type Geneste Herscher modifié par M. Degoix.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ANALYTIQUES DES EXPÉRIENCES DE LA MADELEINE EN 1910-1911

Du 1er juillet 1910 au 30 juin 1911, le contrôle de l'épuration a été fait chaque jour, et les analyses ont porté, comme les années précédentes, sur :

1° L'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures;

2° L'oxygène emprunté au permanganate en 3 minutes avant et après incubation à la température de 30 degrés (pour les eaux épurées seulement), ou indice de putrescibilité, que nous avons tenté de déterminer aussi par une autre méthode;

3° L'ammoniaque;

4° Les nitrates;

5° Les nitrites;

En outre, en juillet 1910, janvier, février et mai 1911, pendant une période de sept jours, nous avons effectué les déterminations suivantes :

6° Les matières organiques et minérales en suspension dans l'eau brute;

7° L'oxydabilité à chaud au permanganate (matières organiques en solution, double dosage en solution acide et en solution alcaline);

8° L'azote organique total et dissous;

9° Le carbone organique total et dissous;

10° L'alcalinité.

Les méthodes employées pour ces analyses ont été décrites en détail et commentées dans le premier supplément de ces *Recherches* (1).

Comme il est de règle avec les systèmes d'égouts unitaires

(1) Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1908.

tels que celui de La Madeleine, où les eaux résiduaires industrielles viennent se mélanger en grandes quantités aux eaux ménagères, les variations du volume des eaux à épurer sont très grandes. Le débit moyen a été de 500 à 600 mètres cubes par jour. Nous avons indiqué dans le tableau 1 les nombres relevés pendant les périodes d'analyses complètes avec le volume d'eau d'égout traité par mètre carré de lit bactérien par jour.

Les analyses ont toujours été effectuées en prélevant des échantillons moyens de vingt-quatre heures dans les bassins d'échantillonnage.

Le tableau I indique les résultats fournis par les analyses complètes des quatre périodes de sept jours chacune. Les tableaux II à V et les graphiques 1 à 4 ont été établis d'après les moyennes par semaine. Comme les deux fosses septiques ont toujours fonctionné parallèlement, nous avons indiqué les résultats obtenus par le mélange des deux effluents.

Les lits bactériens à percolation sont désignés de la façon suivante :

Lits A et B, composés de scories et calcaire, alimentés par siphons Parenty ; surface 270 mètres carrés ;

Lits 1, composés de tourbe et calcaire recouverts d'une couche de briquaillons ; surface 42 mètres carrés ;

Lits 2, composés de briquaillons et calcaire ; surface 42 mètres carrés ;

Lits 5, anciens de scories seules ; surface 126 mètres carrés ;

Lits 6, cellules de briques avec tourbe et calcaire, recouvertes de scories : surface 42 mètres carrés.

Les lits 1, 2, 5 et 6 ont été alimentés par des siphons du type Geneste Herscher ; en avril le siphon du n° 1 a été remplacé par un siphon Parenty et celui du n° 6 par un siphon modifié par M. Degoix.

Dans le tableau VI nous avons rapporté les coefficients d'épuration pour cent, calculés, par rapport soit à l'eau brute, soit à l'effluent des fosses septiques : pour l'oxygène absorbé en 4 heures et l'ammoniaque d'après les moyennes annuelles, l'oxydabilité à chaud, l'azote et le carbone organique (d'après les moyennes des résultats des quatre périodes d'analyses complètes).

1° **Oxygène absorbé en 4 heures.** — Les variations de la composition des eaux provenant d'égouts du système unitaire sont de règle : aussi l'oxygène absorbé en 4 heures a-t-il varié de 24,1 à 73,4.

2° **Oxygène absorbé en 3 minutes avant et après incubation à l'étuve à 30 degrés.** — Le tableau III et le graphique 2 montrent que les effluents des lits A et B n'ont jamais été putrescibles.

Le lit n° 1 a donné de bons résultats d'épuration pendant le 2e semestre de 1910; mais en janvier et février 1911, la nitrification s'est arrêtée et les effluents devinrent putrescibles : aussi avons-nous décidé de laisser reposer le lit. C'est pendant cette période d'arrêt que le siphon a été remplacé. En mai et juin 1911, l'épuration fut satisfaisante.

Le lit n° 2 a très rapidement cessé de bien fonctionner. Comme dans le premier semestre de 1910, dès le mois d'août, les effluents ont été presque toujours putrescibles.

Les lits n° 3, malgré les résultats d'épuration suffisants, ont présenté de tels indices de colmatage que nous avons dû interrompre le fonctionnement momentanément, en décembre 1910, puis définitivement à partir de février 1911. Ils seront remplacés par d'autres, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Sauf certaines défaillances passagères, les effluents du lit n° 6 ont été reconnus généralement imputrescibles.

3° **Ammoniaque libre ou saline.** — Le taux moyen d'ammoniaque des eaux traitées a été un peu supérieur à ce qu'il était l'an dernier, et on observe comme par le passé un accroissement constant dans les fosses septiques (Tableau IV).

4° et 5° **Nitrates et nitrites.** — Bien que l'épuration fût satisfaisante, la nitrification s'est ralentie à une certaine période de l'année pour tous les lits, même pour les lits A et B qui ont toujours donné les meilleurs résultats. Elle s'arrêta complètement à plusieurs reprises dans le lit n° 2. Pourtant, même dans ce dernier cas, les germes nitrifiants étaient présents dans les lits, comme le montrent les grandes quantités de nitrates trouvées après la période de repos (Tableau V).

6° **Matières en suspension.** — Nous n'attachons qu'une importance très minime à la détermination des matières en suspension dans les eaux d'égout, vu la difficulté extrême de prélever les échantillons d'une manière rigoureuse comme nous l'avons exposé à plusieurs reprises.

7° **Oxydabilité à chaud au permanganate** (matières organiques en solution). — Comme on le voit par les coefficients d'épuration (Tableau VI), cette méthode de détermination de la matière organique en fait paraître l'élimination plus importante pour le dosage opéré en milieu acide et sensiblement égale pour le dosage en milieu alcalin. On a toujours constaté une diminution de l'oxydabilité des eaux après leur séjour en fosse septique, ce qui est naturel, car on sait que plus les corps sont simples, moins ils empruntent facilement l'oxygène des composés comme le permanganate de potasse.

8° **Azote organique.** — Les égouts de la Madeleine recevant très peu d'excreta, les eaux contiennent toujours de faibles quantités d'azote organique sous une forme très résistante à l'action des diastases des ferments anaérobies comme à l'oxydation dans les lits bactériens, aussi les coefficients d'épuration sont toujours inférieurs à ceux des matières organiques totales.

9° **Carbone organique.** — Le carbone organique en solution diminue généralement dans les eaux pendant leur séjour en fosse septique, par suite des fermentations qui s'y produisent.

10° **Alcalinité.** — Pendant les périodes d'analyses complètes, on remarque que l'alcalinité est plus forte cette année que les années précédentes. Elle a augmenté assez fortement dans les effluents des fosses septiques pour diminuer, pendant le traitement aérobie, sur lits bactériens. Les moyennes et les diminutions pour cent, par rapport à l'effluent des fosses septiques, ont été :

	mgr.	Diminution 0/0.	Nitrates.
	—	—	—
Eau brute	508	—	—
Effluent des fosses septiques	562	—	—
— lits bactériens A et B	463	24,8	22,4
— — n° 1	420	25,5	20,8
— — n° 2	462	17,8	16,6
— — n° 3	461	17,8	5,5
— — n° 6	426	23,0	24,4

Les résultats permettent, une fois de plus, de montrer que la diminution d'alcalinité des eaux ne dépend pas de la composition des lits bactériens, mais de l'importance de l'épuration.

Putrescibilité. — Nous avons, comme les années précédentes, analysé les effluents des lits bactériens après incubation de 7 jours à l'étuve à 30°. Les résultats sont rapportés dans le tableau VII.

Nous avons aussi déterminé la putrescibilité par la décoloration du bleu de méthylène, en notant les échantillons décolorés après 24 heures et après 2 jours. Dans le tableau VIII, ne sont rapportés que les résultats concernant les effluents des lits n°s 1, 2, 3 et 6, ceux des lits A et B, n'ayant jamais décoloré le bleu de méthylène.

Les expériences effectuées en 1910-1911 confirment les indications que nous avons établies les années précédentes pour l'épuration biologique des eaux d'égout.

Les fosses septiques de la Madeleine ont retenu les matières en suspension dans les eaux d'égout, et ont solubilisé et gazéifié une importante proportion de la partie organique de ces matières. Cependant nous avons reconnu, pour cette année, que l'intervalle d'un an entre deux dragages des fosses était trop considérable; en juin, l'effluent des fosses entraînait de faibles quantités de matières solides. Nous comptons désormais faire pratiquer le dragage tous les six mois. Cette méthode de travail sera préférable, car elle permettra de faire passer toutes les eaux par une seule fosse pendant le dragage de l'autre fosse, sans compromettre l'épuration.

Le mélange scories et pierres calcaires, comme matériaux des lits bactériens, donne toujours les meilleurs résultats

d'épuration, bien que les autres matériaux ou dispositifs expérimentés, scories seules, tourbes et pierres calcaires, cellules de briques avec tourbe et scories, puissent être employés avec avantage. Pour les scories seules, il y a lieu, comme nous l'avons déjà signalé, de les choisir très dures, car les intempéries et les alternatives de sécheresse et d'humidité les désagrègent à tel point qu'il se produit ce que nous pourrions appeler un *auto-colmatage* qui favorise l'établissement des voies plus larges : par suite, une partie de l'eau échappe à l'épuration.

Quant au mélange briques cassées et pierres calcaires, il donne presque toujours des résultats défectueux : on ne devra l'utiliser que contraint et prévoir, dans ce cas, des lits bactériens de plus grandes dimensions. Nous voyons donc, d'une façon très nette, qu'il est indispensable que les matériaux qui composent les lits bactériens présentent la plus grande surface possible, pour que l'eau y circulant sous la forme d'une nappe extrêmement mince soit toujours au large contact de l'air et abandonne plus facilement la matière organique qui sera minéralisée par les actions microbiennes.

Bien que les eaux d'égout de la Madeleine soient peu chargées en matières organiques putrescibles et que leur composition représente à peu près la moyenne de celle de la plupart des eaux d'égouts unitaires, leur épuration est relativement difficile par suite de la présence d'eaux résiduaires industrielles en proportion importante. Aussi voyons-nous le taux d'épuration diminuer rapidement lorsque le volume d'eau traité par mètre carré et par jour dépasse sensiblement 500 litres. Nous nous proposons, en 1912, d'étudier en détail l'influence des matériaux sur les résultats d'épuration, de façon à être fixés sur la valeur relative de ces matériaux.

TABLEAU I. — **Périodes d'analyses com**

DATE DE LA PRISE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	VOLUME MOYEN EN MÈTRES CUBES PAR 24 HEURES PENDANT LES 7 JOURS	VOLUME D'EAU TRAITÉ PAR MÈTRE CARRÉ DE LITS BACTÉRIENS PAR JOUR, EN MÈTRES CUBES	ALCALINITÉ EN CO^3 Ca	MATIÈ… EN SUSPE… ORGANIQUES
Du 17 au 23 juillet 1910	Eau brute	531,80	»	585	201
	Effluent des fosses septiques	531,80	»	400	
	Effluent des lits bactériens : A et B	129,56	0,480	337	
	— — N° 1	24,80	0,590	290	
	— — N° 2	26,00	0,619	345	
	— — N° 3	75,28	0,597	581	
	— — N° 6	10,26	0,244	565	
Du 15 au 21 janvier 1911	Eau brute	558,61	»	475	291
	Effluent des fosses septiques	558,61	»	530	
	Effluent des lits bactériens : A et B	154,25	0,571	455	
	— — N° 1	41,20	0,981	460	
	— — N° 2	34,00	0,810	506	
	— — N° 3	106,19	0,843	475	
	— — N° 6	22,99	0,547	445	
Du 19 au 25 février 1911	Eau brute	518,79	»	551	286
	Effluent des fosses septiques	518,79	»	656	
	Effluent des lits bactériens : A et B	138,05	0,511	448	
	— — N° 1	34,00	0,810	524	
	— — N° 2	38,40	0,914	551	
	— — N° 3	90,10	0,715	529	
	— — N° 6	18,24	0,434	466	
Du 26 mai au 1er juin 1911	Eau brute	270,76	»	624	161
	Effluent des fosses septiques	270,76	»	684	
	Effluents des lits bactériens : A et B	77,45	0,287	475	
	— — N° 1	18,60	0,445	404	
	— — N° 2	23,20	0,552	446	
	— — N° 6	16,15	0,385	455	

adeleine en 1910-1911.

ÈNE BÉ		MATIÈRES ORGANIQUES Dosage au permanganate en oxygène		CARBONE ORGANIQUE EN C			AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az				NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3
									ORGANIQUE				
	APRÈS 7 JOURS D'INCUBATION A 30 DEGRÉS	EN SOLUTION ACIDE	EN SOLUTION ALCALINE	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		AMMONIACAL	TOTAL	DISSOUS	EN SUSPENSION		
8	»	97,4	65,4	161,5	61,0	100,5	21.5	17,5	15,8	8,2	7,6	»	»
5	»	80.6	57,4	»	54,5	»	20,2	16,6	»	9,4	»	»	»
5	5.8	20,9	15,8	»	11,9	»	4.0	5,4	»	2,5	»	25.0	2,5
5	4,2	25,9	17.7	»	21,0	»	2,4	2,0	»	5,2	»	25.4	5,0
5	5,4	54,4	24,5	»	25,5	»	5,2	4,5	»	6,5	»	16,1	2,8
9	5.7	22,5	16.6	»	55,0	»	6.9	5,7	»	5,8	»	6,4	0,8
5	4.7	29,6	20,5	»	54,5	»	6,2	5.1	»	5,4	»	14,5	2,4
1	»	116,5	77.1	255.8	75,6	160.2	18,5	15,0	26,7	10,6	16,1	»	»
0	»	104,5	66,0	»	67,5	»	20,0	16,4	»	12,5	»	»	»
2	2.4	17.8	14,5	»	12,7	»	5,7	5,1	»	5,6	»	20,0	1.0
7	8,9	58,4	27,8	»	28,6	»	5,9	4,5	»	10,1	»	4,7	2,5
9	11.4	50,5	55,0	»	29,7	»	8,9	7.2	»	10,1	»	7,2	4,0
5	5.9	42,5	29,8	»	51.8	»	9,1	7,4	»	8,5	»	8.4	1,2
6	5,2	59,8	22,6	»	22.7	»	6,4	5,2	»	6,6	»	16.0	2,5
2	»	124,0	89,0	170,7	91,0	79,7	24.0	21,9	50,9	10,5	20.6	»	»
6	»	110,0	74,0	»	67,5	»	26,5	27,6	»	10,5	»	»	»
8	5,2	17,7	15,5	»	16,5	»	5,9	4,7	»	4,6	»	16,5	1,0
9	22,2	55.0	57.0	»	56,2	»	12,7	10.5	»	7,0	»	1.1	traces
9	25.9	75,0	47,0	»	26,5	»	14,1	15,0	»	8.1	»	1,1	traces
9	12.0	65.0	55,0	»	50,8	»	15,1	10.0	»	7,5	»	1.8	0,5
9	5.1	55,0	26,0	»	25,5	»	9,5	7,9	»	6,0	»	14,1	1,4
7	»	126,0	84.0	178.2	62,1	116.1	24,6	20.2	16,2	11,5	4,9	»	»
8	»	99.0	75,0	»	64,0	»	27,7	22.5	»	10.0	»	»	»
6	5,7	15,5	15,7	»	15,1	»	4,8	5,9	»	4.6	»	50.0	1,7
5	5,9	21,5	16,7	»	17,5	»	4,5	5,7	»	4,5	»	54,0	1,5
9	4.1	25.9	19,8	»	21,4	»	5,0	4,1	»	5,4	»	42.0	2,8
0	4,5	21,5	18,2	»	25,2	»	4,5	5,8	»	5,5	»	55.0	5.8

TABLEAU II. — **Oxygène absorbé en 4 heures.**

DATES	EAU BRUTE	FOSSE SEPTIQUE	LITS BACTÉRIENS				
			A et B	N° 1	N° 2	N° 3	N° 6
Du 1er juillet au 3 juillet 1910. .	51,2	37,3	9,1	10,5	14,6	9,3	12,9
— 4 — — 10 — — . .	51,4	41,1	9,0	11,4	18,2	9,5	13,1
— 11 — — 17 — — . .	52,9	47,7	9,7	14.2	20,4	14,5	16.7
— 18 — — 24 — — . .	47,5	43,9	10,7	13.5	17,3	12,5	16,3
— 25 — — 31 — — . .	52.6	39,0	10.5	12,6	19,7	12.0	17,4
— 1er août — 7 août — . .	39,7	33,7	9.1	10,7	14,7	8,9	14.3
— 8 — — 14 — — . .	57,6	38.3	8.5	10,3	19,1	9.0	12,6
— 15 — — 21 — — . .	62,6	43,7	8,3	11,8	23,0	7,3	17,4
— 22 — — 28 — — . .	72,9	54,8	8.2	14,3	22.0	10.1	18,1
— 29 — — 4 sept. — . .	72.8	47,8	7,9	16.1	22,4	12,7	14,0
— 5 sept. — 11 — — . .	»	»	»	»	»	»	»
— 12 — — 18 — — . .	63,9	39,9	7,5	12,1	17,0	11,4	14,4
— 19 — — 25 — — . .	73,4	49,6	7,7	15,7	25,6	16,6	18,8
— 26 — — 2 oct. — . .	63,5	45.3	11,0	14,8	23.6	13,1	17,5
— 3 oct. — 9 — — .	54,4	39,5	11,2	14,8	27,0	11,1	14.4
— 10 — — 16 — — . .	57,4	41,1	10.8	12.7	22.5	13,1	19,5
— 17 — — 23 — — . .	57,9	43,6	9.8	12,2	23,1	11,1	20.4
— 24 — — 30 — — . .	64,3	51,8	12,5	17,1	26,4	17,9	20,1
— 1er nov. — 7 nov. — . .	53,7	30,4	11,1	12,9	21.1	13,5	13,5
— 8 — — 14 — — . .	50,6	26,2	9.6	9,7	14,3	11,8	11,5
— 15 — — 21 — — . .	26,4	26,2	10.1	8.9	14,3	9,2	10,9
— 22 — — 28 — — . .	53,7	30,7	9.1	11.3	16,2	12.5	12,1
— 29 — — 4 déc. — . .	28,4	34,1	9.5	12.7	17,4	»	14,6
— 5 déc. — 11 — — . .	31,9	32.3	8.3	11,7	17,5	»	12,9
— 12 — — 18 — — . .	32,6	36,1	8,2	13,6	22.1	»	17,6
— 19 — — 25 — — . .	38,4	36,4	7,4	15,8	18.1	»	16,0
— 26 — — 1er janv. 1911. .	29,6	30,5	7,3	11,7	15,7	»	12,2
— 2 janv. — 8 — — . .	21,1	25,9	5,8	11,8	15,1	8,4	10,5
— 9 — — 15 — — . .	27,8	28,1	7,0	11,2	14,1	9,7	9,8
— 16 — — 22 — — . .	35,4	37.0	8.4	16.1	20,6	16.6	13.1
— 23 — — 29 — — . .	40,3	42,5	9.0	16,5	22,0	14,4	15.1
— 30 — — 5 février — . .	41,7	47,2	8,5	16.3	22,6	13,8	16,1
— 6 février — 12 — — . .	41,6	40,8	9.6	19,2	23,2	14,4	17,2
— 13 — — 19 — — . .	47,6	57,9	9.4	19,5	23,0	16,3	17,0
— 20 — — 26 — — . .	50,3	53,6	8,8	21,9	23,9	19,9	16,9
— 27 — — 5 mars — . .	42,4	48,8	6,4	»	»	»	»
— 6 mars — 12 — — . .	48,5	48,5	9,8	»	»	»	»
— 13 — — 19 — — . .	26,3	27,2	7.9	»	»	»	»
— 20 — — 26 — — . .	42,9	46,9	6,4	»	»	»	»
— 27 — — 2 avril — . .	57,5	39,9	7,9	»	»	»	»
— 3 avril — 9 — — . .	36,8	28.0	7,0	»	»	»	»
— 10 — — 16 — — . .	53.6	48,1	7,4	»	»	»	»
— 17 — — 23 — — . .	58,1	68,3	7,5	»	»	»	»
— 24 — — 30 — — . .	53.8	61,7	8,1	»	»	»	»
— 1er mai — 7 mai — . .	55,8	56,1	8,2	»	»	»	»
— 8 — — 14 — — . .	36,8	52,0	7,4	»	»	»	»
— 15 — — 21 — — . .	52,1	54,8	7,5	11,6	14,3	»	13,7
— 22 — — 28 — — . .	58,1	56.8	7,8	11,9	14,3	»	12.8
— 29 — — 4 juin — . .	54,6	56,1	10,3	12,2	13,1	»	11,1
— 5 juin — 11 — — . .	63,7	48.8	9,1	12,5	14,0	»	10.7
— 12 — — 18 — — . .	53,4	50,4	9,6	13,6	16,0	»	10.4
— 19 — — 25 — — . .	62,7	46,0	10,9	17.1	20,5	»	18.3
— 26 — — 30 — — . .	51,0	37,0	9,5	14,4	17 5	»	11,9
Moyenne annuelle.	47,8	42,4	8,8	13,5	19,2	12.4	14,8

TABLEAU III. — **Oxygène absorbé en 3 minutes.**

DATES	LITS A et B avant incubation	LITS A et B après incubation	LIT N° 1 avant incubation	LIT N° 1 après incubation	LIT N° 2 avant incubation	LIT N° 2 après incubation	LIT N° 3 avant incubation	LIT N° 3 après incubation	LIT N° 6 avant incubation	LIT N° 6 après incubation
Du 1er juillet au 3 juillet 1910	3,2	3,5	3,7	3,5	3,3	4,0	3,7	3,1	4,9	4,1
— 4 — — 10 —	3,2	3,1	4,1	3,6	5,9	5,0	3,7	3,1	4,6	3,9
— 11 — — 17 —	3,4	3,8	5,2	4,8	7,9	8,0	5,4	3,7	6,2	6,0
— 18 — — 24 —	3,9	3,8	4,6	4,2	6,5	5,0	4,6	3,8	6,1	4,6
— 25 — — 31 —	3,9	3,8	4,7	3,8	7,9	5,5	4,3	3,8	7,3	6,0
— 1er août — 7 août. . .	3,4	3,3	4,1	3,3	5,7	4,1	3,5	3,3	5,6	4,4
— 8 — — 14 —	3,2	3,2	4,7	3,6	7,9	12,3	2,7	3,2	5,5	4,7
— 15 — — 21 —	3,0	3,2	4,1	3,6	9,9	13,9	2,7	3,1	7,7	10,9
— 22 — — 28 —	3,2	2,9	5,6	4,8	9,5	13,2	3,7	3,7	7,5	7,0
— 29 — — 4 septembre	3,2	3,2	6,4	5,3	9,2	11,3	4,7	4,5	5,4	5,7
— 5 sept. — 11 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— 12 — — 18 —	2,7	3,2	4,3	4,1	7,2	8,7	4,5	3,9	5,7	4,5
— 19 — — 25 —	2,9	3,2	6,2	4,7	11,3	21,1	6,6	7,4	7,1	7,9
— 26 — — 2 octobre. .	4,3	3,9	5,5	4,3	10,7	21,5	4,6	4,9	6,7	4,9
— 3 octob. — 9 —	4,4	4,2	5,2	4,9	11,6	23,0	4,3	3,8	5,6	4,8
— 10 — — 16 —	4,4	3,7	5,9	3,9	10,3	24,6	5,0	4,3	7,7	8,1
— 17 — — 23 —	3,7	5,5	4,8	5,7	10,1	20,7	4,3	3,7	7,0	7,9
— 24 — — 30 —	4,7	3,7	6,8	6,4	13,1	26,9	7,4	8,5	8,3	11,2
— 1er nov. — 7 novembre.	4,1	4,0	4,7	4,2	8,7	15,8	5,0	5,6	5,6	7,0
— 8 — — 14 —	3,7	3,3	3,3	2,8	5,3	3,3	4,0	4,3	4,3	3,7
— 15 — — 21 —	3,3	3,3	2,9	2,5	5,5	3,3	3,3	2,6	4,3	3,4
— 22 — — 28 —	3,2	2,9	3,3	2,9	5,6	8,5	4,5	5,7	4,3	3,8
— 29 — — 4 décembre.	3,3	2,9	4,7	4,1	7,0	10,8	»	»	5,4	5,8
— 5 déc. — 11 —	3,2	3,1	4,5	4,5	7,0	8,9	»	»	4,9	8,1
— 12 — — 18 —	3,2	2,8	4,6	6,6	8,3	13,8	»	»	6,8	10,4
— 19 — — 25 —	3,0	3,0	5,8	8,7	7,9	12,4	»	»	6,7	10,3
— 26 — — 1er janv. 1911	2,8	2,3	5,0	4,3	6,4	9,8	»	»	4,5	3,2
— 2 janv. — 8 —	2,3	1,9	4,7	5,3	5,9	7,3	5,1	2,7	4,1	3,2
— 9 — — 15 —	2,5	2,2	3,6	3,1	4,9	3,5	3,2	2,6	3,0	2,6
— 16 — — 22 —	3,1	2,4	5,9	9,5	8,1	12,4	5,6	6,0	4,4	3,7
— 23 — — 29 —	3,3	2,5	6,1	11,8	8,5	17,8	5,4	3,1	5,6	4,7
— 30 — — 5 février . .	3,4	2,5	6,8	15,7	9,4	19,8	5,1	5,3	6,0	7,3
— 6 février — 12 —	3,2	2,2	»	»	»	»	»	»	»	»
— 13 — — 19 —	3,2	3,2	7,1	13,8	10,1	20,2	3,9	6,6	6,2	3,4
— 20 — — 26 —	3,5	3,2	8,6	22,2	10,9	23,9	7,9	12,0	6,5	5,1
— 27 — — 5 mars . . .	3,1	2,6	»	»	»	»	»	»	»	»
— 6 mars — 12 —	4,1	3,7	»	»	»	»	»	»	»	»
— 13 — — 19 —	2,7	1,9	»	»	»	»	»	»	»	»
— 20 — — 26 —	2,1	2,5	»	»	»	»	»	»	»	»
— 27 — — 2 avril . . .	2,9	2,7	»	»	»	»	»	»	»	»
— 3 avril — 9 —	2,4	2,4	»	»	»	»	»	»	»	»
— 10 — — 16 —	2,7	2,7	»	»	»	»	»	»	»	»
— 17 — — 23 —	2,6	3,2	»	»	»	»	»	»	»	»
— 24 — — 30 —	3,1	3,3	»	»	»	»	»	»	»	»
— 1er mai — 7 mai. . .	2,9	3,4	»	»	»	»	»	»	»	»
— 8 — — 14 —	2,8	2,6	»	»	»	»	»	»	»	»
— 15 — — 21 —	2,9	3,0	4,4	2,6	5,3	4,7	»	»	6,1	4,7
— 22 — — 28 —	2,6	3,5	4,2	4,1	5,4	4,6	»	»	4,9	4,5
— 29 — — 4 juin. . . .	3,3	3,5	4,1	3,9	4,7	3,7	»	»	4,4	2,9
— 5 juin — 11 —	3,0	4,0	4,6	3,9	4,9	3,7	»	»	3,6	3,9
— 12 — — 18 —	3,6	4,4	5,6	3,6	6,0	4,0	»	»	4,0	3,2
— 19 — — 25 —	3,9	3,7	6,7	7,5	8,1	12,6	»	»	7,3	7,3
— 26 — — 30 —	3,4	2,8	5,1	5,3	7,0	8,8	»	»	4,2	4,8
Moyenne annuelle. . . .	3,2	3,2	5,1	5,7	7,8	11,7	4,6	4,8	5,7	5,9

TABLEAU IV. — **Ammoniaque libre ou saline en AzH^3.**

DATES	EAU BRUTE	FOSSE SEPTIQUE	LITS BACTÉRIENS				
			A et B	N° 1	N° 2	N° 3	N° 6
Du 1er juillet au 3 juillet 1910. .	25,5	20,5	2.9	1.1	5.5	5,5	5,5
— 4 — — 10 — — . .	25,6	21,1	2,8	1,8	4,6	4,4	4,5
— 11 — — 17 — — . .	25.8	24,2	5.4	2,6	5,5	6.4	6.9
— 18 — — 24 — — . .	22,6	21,5	4,2	2,9	5,1	7,1	6.3
— 25 — — 31 — — . .	16,7	21,2	5.9	1,5	5,6	6,1	5.8
— 1er août — 7 août — . .	14,7	17,9	5,6	1,2	6,2	5.6	7,9
— 8 — — 14 — — . .	17,7	19,0	5.6	1,4	6,6	5,8	5,5
— 15 — — 21 — — . .	19,5	17.7	2.8	1,5	9.0	3.1	7,2
— 22 — — 28 — — . .	17,3	18,7	2.7	2,9	6,9	5.6	6.2
— 29 — — 4 sept. — . .	20,6	22,6	2.9	5,0	7,1	6,6	5,0
— 5 sept. — 11 — — . .	»	»	»	»	»	»	»
— 12 — — 18 — — . .	19,1	17,5	2.9	5,7	5,6	6.5	5,1
— 19 — — 25 — — . .	28,7	27,1	5,2	6,5	10.1	8.5	8.2
— 26 — — 2 octobre — . .	20,5	26,1	4,7	6,0	9,2	8,6	6,8
— 3 octobre — 9 — — . .	20,5	18.4	5,4	4,6	9.4	6,9	5,8
— 10 — — 16 — — . .	24,5	25.6	5,6	5,5	12,2	8.7	11,8
— 17 — — 23 — — . .	22,6	21.7	5,5	5,3	11,7	9.5	9,7
— 24 — — 30 — — . .	24,6	25,6	5,6	6.4	12.7	10.5	9,7
— 1er nov. — 7 nov. — . .	18,6	21,6	5.7	6,1	9,9	9,5	8.5
— 8 — — 14 — — . .	17,5	18,0	5,5	5,5	7,8	8.8	7.6
— 15 — — 21 — — . .	15.6	16,0	5,2	5,5	7.2	7.0	7,1
— 22 — — 28 — — . .	17,0	19,9	5,9	5,5	8.9	10,1	7,6
— 29 — — 4 déc. — . .	16.5	18,5	5,1	5,5	9.0	»	7.2
— 5 déc. — 11 — — . .	18,8	17,5	4.2	5,9	8,5	»	7.4
— 12 — — 18 — — . .	21,4	21.8	3,7	5.9	9.5	»	9,4
— 19 — — 25 — — . .	19,4	19,5	3,3	6,4	8.5	»	7,8
— 26 — — 1er janvier — . .	15,0	14,9	2.6	4,8	6.6	»	6,4
— 2 janvier — 8 — — . .	15,7	17,8	2,4	6.0	7.6	5.9	5,9
— 9 — — 15 — — . .	14.6	15,9	5,0	5.2	6,6	4.7	4.8
— 16 — — 22 — — . .	19,0	20,1	3,7	5.9	9.5	9.1	6.7
— 23 — — 29 — — .	22,6	24.5	5,4	9,9	11.6	10.5	8,9
— 30 — — 5 février — . .	30,1	26.5	5,9	10,9	12,7	7.8	8,5
— 6 février — 12 — — . .	32,5	31.0	5,9	10.1	14,0	7,5	6,4
— 13 — — 19 — — . .	27,4	27,5	6.6	13,7	14,7	12.5	10.7
— 20 — — 26 — — . .	24,0	26,5	5,9	12,7	14,1	15.1	9,5
— 27 — — 5 mars — . .	21,9	25.8	5,5	»	»	»	»
— 6 mars — 12 — — . .	27.5	27.0	6.5	»	»	»	»
— 13 — — 19 — — . .	20,0	25.2	5,1	»	»	»	»
— 20 — — 26 — — . .	21.7	25,7	4.6	»	»	»	»
— 27 — — 2 avril — . .	17,8	20,9	4,2	»	»	.	»
— 3 avril — 9 — — . .	18,0	25,5	4.1	»	»	»	»
— 10 — — 16 — — . .	17,6	27,6	4,0	»	»	.	»
— 17 — — 23 — — . .	24.1	27,4	4,6	»	»	»	»
— 24 — — 30 — — . .	24,8	27,1	5,0	»	»	»	»
— 1er mai — 7 mai — . .	25,9	27.0	4,8	»	»	»	»
— 8 — — 14 — — . .	22.5	21,5	4,5	»	»	»	»
— 15 — — 21 — — . .	25,1	25,9	4,0	5.1	5.6	.	6.8
— 22 — — 28 — — . .	24,9	26,7	5.9	5,2	5.2	.	4.6
— 29 — — 4 juin — . .	20.8	25.4	5,9	4,5	5.5	.	5.1
— 5 juin — 11 — — . .	30.2	27,0	2.6	6,1	6.1	»	5.1
— 12 — — 18 — — . .	26,0	27,0	2,9	6.4	5.6	»	2,6
— 19 — — 25 — — . .	19.6	19,7	5,5	7,0	7,4	»	6.8
— 26 — — 30 — — . .	18.6	19,6	6,1	6,5	7.5	»	5.9
Moyenne annuelle.	21,5	25,5	4,4	5,6	8,2	7.4	6.8

Tableau V. — Nitrates. — Nitrites.

DATES	LITS A et B		LIT N° 1		LIT N° 2		LIT N° 3		LIT N° 6	
	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites	Nitrates	Nitrites
Du 1er juillet au 3 juillet 1910	50,0	5,5	42,0	2,6	15.0	5.5	9,9	1,7	16,5	2.1
— 4 — — 10 —	24,0	2,8	18,0	5.0	11,0	5,4	7,9	1,4	18,0	2.4
— 11 — — 17 —	22.0	2,8	15.8	5,0	5,1	5,5	3,4	0,8	5,0	4,4
— 18 — — 24 —	25,0	2.5	25,4	5,0	17.6	5,2	5,9	0,7	15.0	2,2
— 25 — — 31 —	25,0	2,5	44,0	1,8	22.0	4,1	4,0	1.4	6,0	2,6
— 1er août — 7 août. . . .	22,5	1,9	24,0	2,2	11.1	2,8	15,0	1,5	11,0	2,5
— 8 — — 14 —	25,5	2,7	15,9	2,5	6.1	1,5	6.0	1.5	11,5	2,6
— 15 — — 21 —	26,0	2,5	22,0	2,5	0	0	18,0	1,5	0.8	5,5
— 22 — — 28 —	24,0	2,5	5,0	2,4	0.5	0.5	10.0	0,5	5,0	2,4
— 29 — — 4 septembre.	20,0	1,6	6,0	2,6	1,5	5,0	4,0	0,5	2,9	4,5
— 5 sept. — 11 —	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— 12 — — 18 —	25,0	0,5	15,0	1.9	8,1	2,7	2,0	0,5	7,4	5,0
— 19 — — 25 —	20.5	0,5	6,1	2,8	0	0	0,4	0.4	2.6	5,5
— 26 — — 2 octobre. .	10,4	1,5	6,5	2.5	0	0	2,6	traces	15,1	5,4
— 3 octob. — 9 —	8,2	1,5	9.1	2,2	0	0	4,4	0,5	18.0	1,5
— 10 — — 16 —	5,5	0,9	10,4	1.1	0	0	5,5	traces	2,6	1,5
— 17 — — 23 —	5,7	0,9	16,6	1,4	0	0	6,1	0	5,4	1,6
— 24 — — 30 —	15,6	1,2	8.1	1,8	0	0	1,4	0,2	2,2	0.8
— 1er nov. — 7 novembre.	15,5	1,6	15,0	1,9	6.0	0,8	5,0	0,4	6.9	0,9
— 8 — — 14 —	15,4	1,7	20.0	2.1	15.0	1,4	5,0	0,8	9,8	1,4
— 15 — — 21 —	15,9	1,7	25,7	2,4	14,5	1,9	9,4	0,9	15,0	1,5
— 22 — — 28 —	15,5	1.6	14,6	5,1	9.6	2,8	5,5	1,6	12,9	2,6
— 29 — — 4 décembre.	10,7	1,7	7,1	1,5	5.5	0,5	»	»	9,0	1,9
— 5 déc. — 11 —	14.5	1,5	8.5	1,8	4,4	1,9	»	»	8,6	1,6
— 12 — — 18 —	14,5	1,2	6,5	1,4	4,1	1,1	»	»	4.5	2,2
— 19 — — 25 —	17,5	0,5	4,7	1,5	5,6	0,5	»	»	5,0	5,1
— 26 — — 1er janv. 1911.	17,0	0.4	7,8	1,0	10,4	1,1	»	»	9,5	0,9
— 2 janv. — 8 —	25,0	0,6	4,4	1,7	6.0	2,1	50,0	0,7	15.0	1,1
— 9 — — 15 —	26,5	1,8	15,6	5,2	25.0	5,1	25.0	1,9	51.0	5,1
— 16 — — 22 —	20,0	1.0	4.7	2,5	7.2	4,0	8,4	1,2	16,0	2.5
— 23 — — 29 —	14,7	1.5	0.4	1,1	0.5	1,5	4,5	0,6	9,0	1,6
— 30 — — 5 février . .	15,5	0	0,5	0	0	0	5,9	traces	7,1	1.5
— 6 février — 12 —	16,0	0.5	0	0	0	0	4,0	traces	5,5	traces
— 13 — — 19 —	17,0	0.6	0	0	0.9	0	4.0	0.8	11,4	0.7
— 20 — — 26 —	16,5	1.0	1,1	traces	1,1	traces	1,8	0,5	14,1	1,4
— 27 — — 5 mars. . .	20,5	1,2	»	»	»	»	»	»	»	»
— 6 mars — 12 —	12,0	0,7	»	»	»	»	»	»	»	»
— 13 — — 19 —	57,5	0.8	»	»	»	»	»	»	»	»
— 20 — — 26 —	55,5	0,7	»	»	»	»	»	»	»	»
— 27 — — 2 avril. . .	50,5	1.1	»	»	»	»	»	»	»	»
— 3 avril — 9 —	25.5	1,5	»	»	»	»	»	»	»	»
— 10 — — 16 —	25,5	0.8	»	»	»	»	»	»	»	»
— 17 — — 23 —	24.0	0,9	»	»	»	»	»	»	»	»
— 24 — — 30 —	20,5	1,0	»	»	»	»	»	»	»	»
— 1er mai — 7 mai. . . .	18,7	0.9	»	»	»	»	»	»	»	»
— 8 — — 14 —	20,0	0,9	»	»	»	»	»	»	»	»
— 15 — — 21 —	18,0	0,5	250.0	0,7	95,0	1,6	»	»	94.0	2,9
— 22 — — 28 —	25.0	0.8	107.0	0,8	?9.0	2,9	»	»	?2.0	5.5
— 29 — — 4 juin. . . .	28,0	2.1	57.0	2,0	55.0	2,5	»	»	49,0	5,5
— 5 juin — 11 —	29,0	5,7	17,0	2,4	17.0	5,9	»	»	40,0	2.8
— 12 — — 18 —	29.0	5,9	11.0	5,7	10,0	5,0	»	»	44,0	5.0
— 19 — — 25 —	9.0	traces	14,0	0,5	0,7	traces	»	»	58,0	1.6
— 26 — — 30 —	7.8	0.4	6.0	1.5	5,0	1,8	»	»	11,5	2,1
Moyenne annuelle	19,7	1,4	15,2	1,8	9,8	1,7	7,9	0,8	16,0	2,5

TABLEAU VI. — **Coefficients d'épuration pour cent.**

LITS	RAPPORTÉ à	OXYGÈNE absorbé en 4 heures	OXYDABILITÉ A CHAUD Solution acide	Solution alcaline	AMMONIAQUE	AZOTE ORGANIQUE	CARBONE ORGANIQUE
A et B.	Eau brute. . .	81,6	84,6	81,2	»	58,3	80,7
	Fosse septique.	»	81,9	79,1	81,2	60,0	78,1
N° 1.	Eau brute. . .	71,8	70,1	67,4	»	33,2	64,5
	Fosse septique.	»	64,9	63,6	76,0	36,2	59,7
N° 2.	Eau brute. . .	59,9	60.2	58,5	»	26,6	64,5
	Fosse septique.	»	54,0	53,8	64,9	29 6	59,7
N° 3.	Eau brute. . .	74,1	63,3	56,6	»	29,6	56,5
	Fosse septique.	»	56,8	50,4	68.2	32,4	50.6
N° 6.	Eau brute. . .	69,1	74,9	71.3	»	42,5	63.5
	Fosse septique.	»	69,4	68,0	70,9	44,8	58,6

TABLEAU VIII. — **Putrescibilité.**

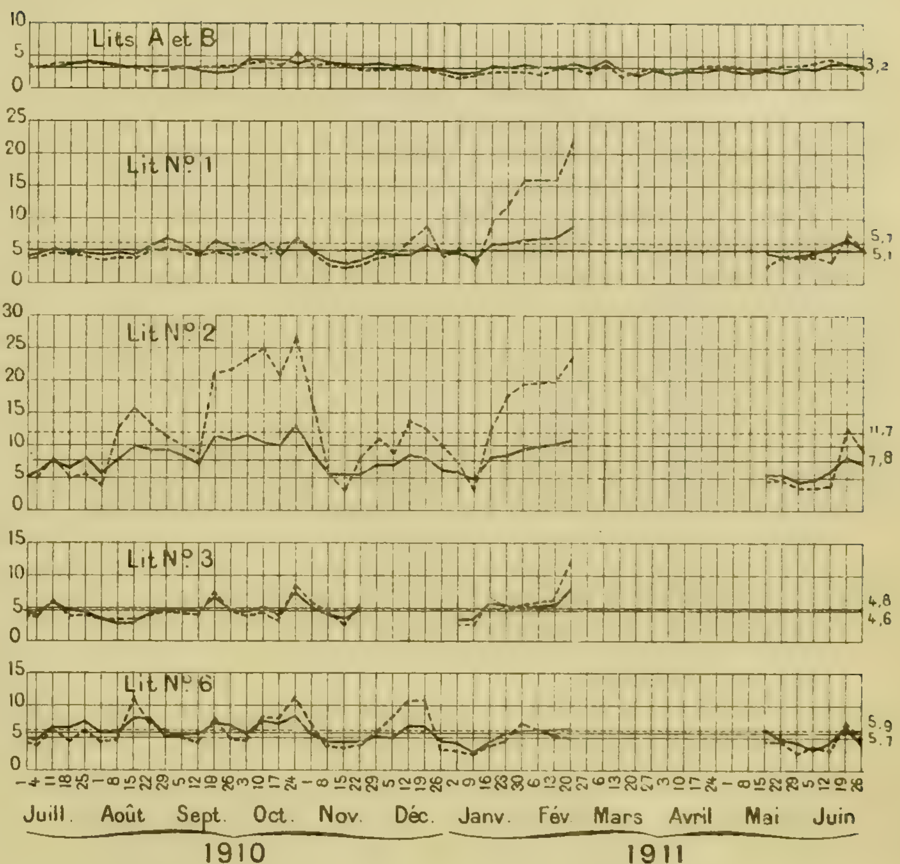
Détermination au bleu de méthylène.

	LIT BACTÉRIEN N° 1 Décoloré		LIT BACTÉRIEN N° 2 Décoloré		LIT BACTÉRIEN N° 3 Décoloré		LIT BACTÉRIEN N° 6 Décoloré	
	En 1 jour	En 2 jours	En 1 jour	En 2 jours	En 1 jour	En 2 jours	En 1 jour	En 2 jours
Juillet 1910	0/29	0/29	0/29	0/29	0/29	0/29	0/29	0/29
Août —	0/29	0/29	15/29	17/29	0/29	0/29	5/29	7/29
Septembre —	0/18	0/18	11/18	12/18	2/18	4/18	2/18	3/18
Octobre —	2/28	3/28	27/28	28/28	4/28	6/28	7/21	11/21
Novembre —	0/29	0/29	5/29	9/29	3/28	6/28	1/29	1/29
Décembre —	5/29	7/29	16/29	17/29	»	»	7/29	9/29
Janvier 1911	13/29	16/29	15/29	17/29	2/26	4/26	0/29	0/29
Février —	17/19	17/19	19/19	19/19	6/17	6/17	0/19	1/19
Mars —	»	»	»	»	»	»	»	»
Avril —	»	»	»	»	»	»	»	»
Mai —	0/16	0/16	0/16	0/16	»	»	0/16	0/16
Juin —	4/18	5/18	7/18	8/18	»	»	2/18	4/18

TABLEAU VII. — **Analyse des effluents des lits bactériens avant et après 7 jours d'incubation à 30°.**

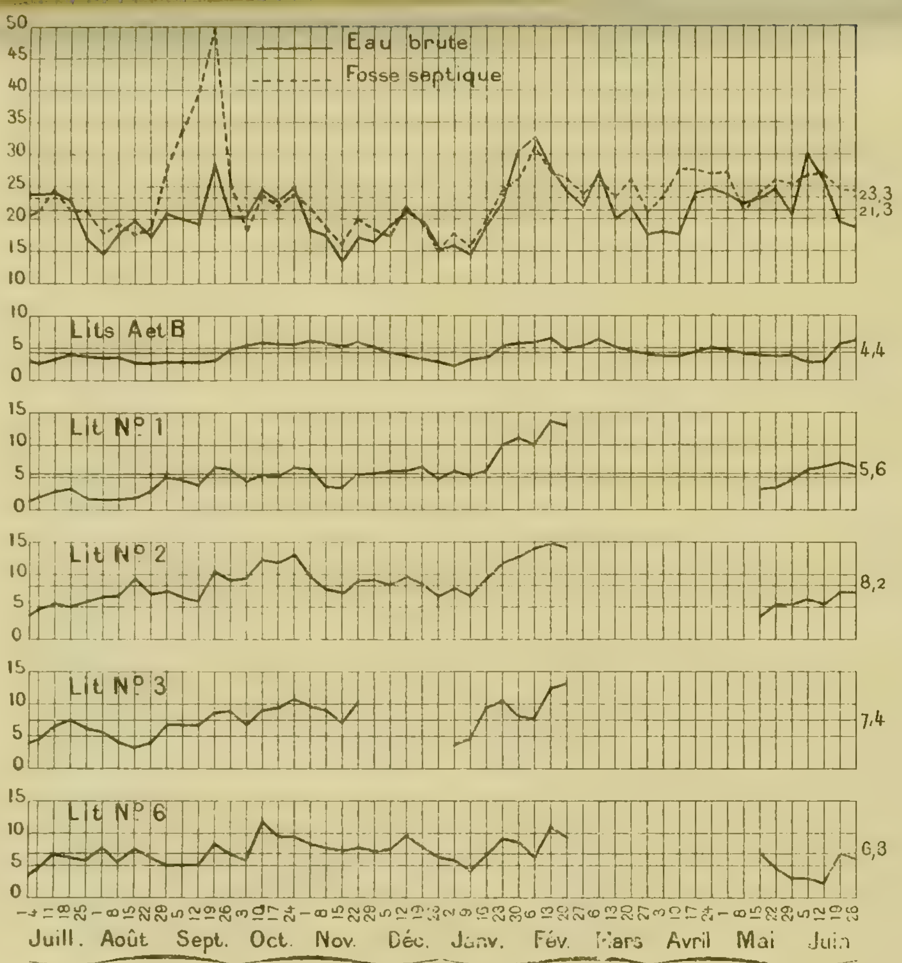
PÉRIODES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES		AMMONIAQUE		NITRATES		NITRITES	
	AVANT incubation	APRÈS incubation	AVANT incubation	APRÈS incubation	AVANT incubation	APRÈS incubation	AVANT incubation	APRÈS incubation
Lits bactériens A *et* B.								
Du 17 au 25 Juillet 1910. .	3,9	5,8	4,0	5,5	25,0	23,6	2,5	6,5
— 15 au 21 Janvier 1911.	3,0	2,4	5,7	3,0	20,0	15,6	1,0	5,2
— 19 au 25 Février . . .	5,5	3,2	5,9	4,1	16,5	12,9	1,0	5,4
— 26 Mai au 1er Juin. . .	5,5	5,7	4,8	5,4	50,0	27,0	1,7	5,7
Moyenne.	5,5	3,3	4,6	5,5	22,4	19,5	1,5	4,1
Lit bactérien N° 1.								
Du 17 au 23 Juillet 1910 .	4,7	4,2	2,4	1,8	25,4	21,0	5,0	6,8
— 15 au 21 Janvier 1911.	5,9	8,9	5,9	8,8	4,7	2,2	2,5	traces
— 19 au 25 Février . . .	8,6	22,2	12,7	8,9	1,1	0,7	traces	0
— 26 Mai au 1er Juin . .	4,5	5,9	4,5	4,3	54,0	49,0	1,5	5,0
Moyenne.	5,9	9,8	6,4	5,9	2,08	18,2	1,7	2,5
Lit bactérien N° 2.								
Du 17 au 25 Juillet 1910 .	6,6	5,4	5,2	6,0	16,1	5,8	2,8	2,9
— 15 au 21 Janvier 1911.	7,5	11,4	8,9	10,5	7,2	1,2	4,0	0
— 19 au 25 Février.. . .	10,9	25,9	14,1	15,5	1,1	0,6	traces	0
— 26 mai au 1er Juin. . .	5,1	4,1	5,0	5,7	42,0	38,4	2,8	2,4
Moyenne.	7,5	11,2	8,5	8,9	16,6	11,5	2,4	1,5
Lit bactérien N° 5.								
Du 17 au 23 Juillet 1910 .	4,5	5,7	6,9	6,8	6,4	5,5	0,8	1,9
— 15 au 21 Janvier 1911.	5,5	5,9	9,1	10,7	8,4	0	1,2	0,5
— 19 au 25 Février . . .	7,9	12,0	15,1	14,0	1,8	5,0	0,5	0
Moyenne	6,0	7,2	9,7	10,5	5,5	2,8	0,8	0,8
Lit bactérien N° 6.								
Du 17 au 25 Juillet 1910 .	6,2	4,7	6,2	6,7	14,5	4,1	2,4	1,8
— 16 au 21 Janvier 1911.	4,2	5,2	6,4	7,5	16,0	7,0	2,5	1,8
— 19 au 25 Février . . .	6,5	5,1	9,5	6,8	14,1	10,0	1,4	5,2
— 26 Mai au 1er Juin. . .	5,1	4,5	4,5	5,1	55,0	48,0	5,8	5,5
Moyenne.	5,5	4,5	6,6	6,0	24,4	17,5	2,5	2,6

Eau brute
Fosse septique
Lits A et B
Lit N° 1
Lit N° 2
Lit N° 3
Lit N° 6
47,8
42,4
8,8
13,5
19,2
12,4
14,8
Juill. Août Sept. Oct. Nov. Déc. Janv. Fév. Mars Avril Mai Juin



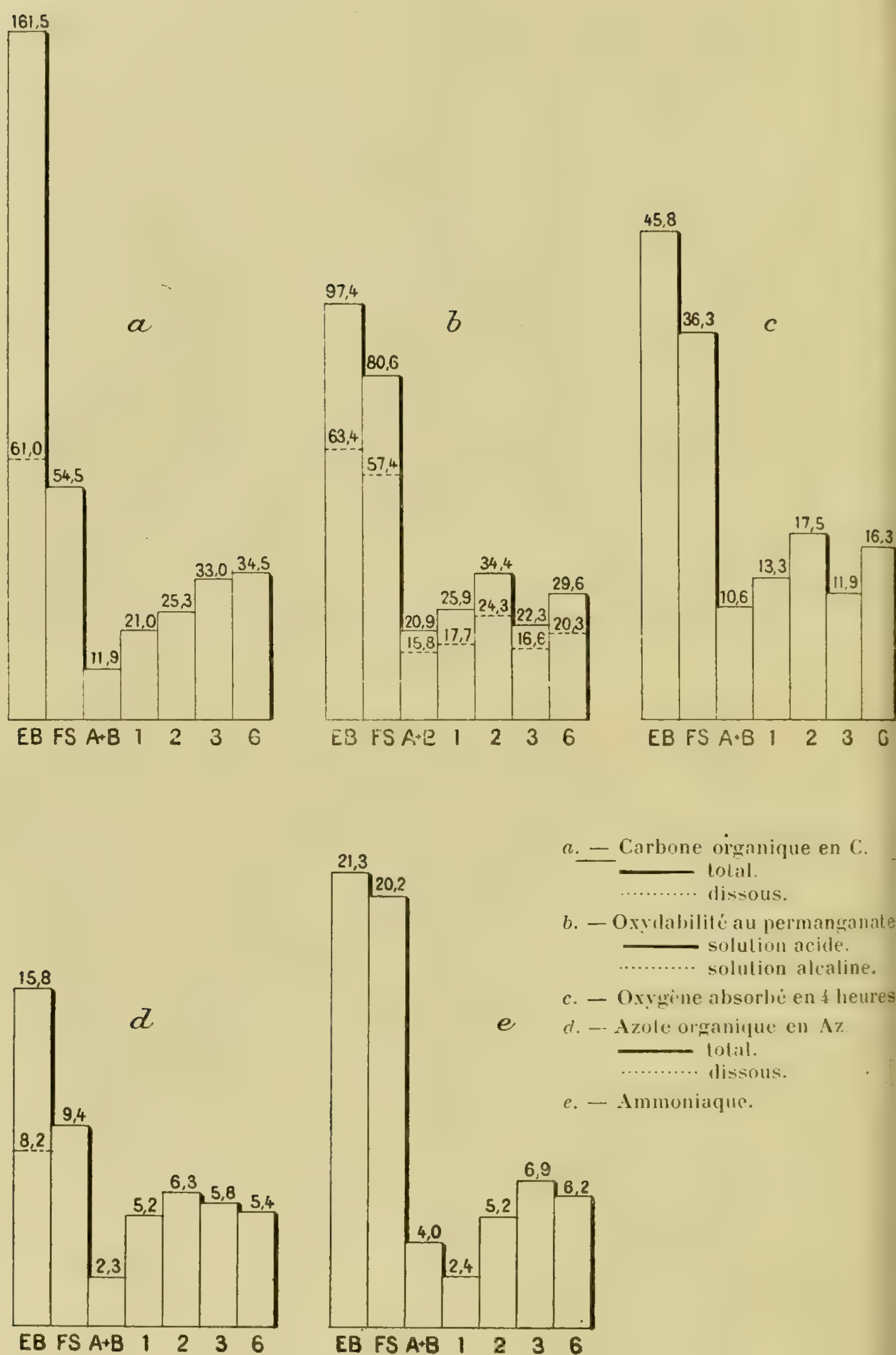
Graphique n° 2. — Oxygène absorbé en 5 minutes

—— avant incubation.
.... après incubation



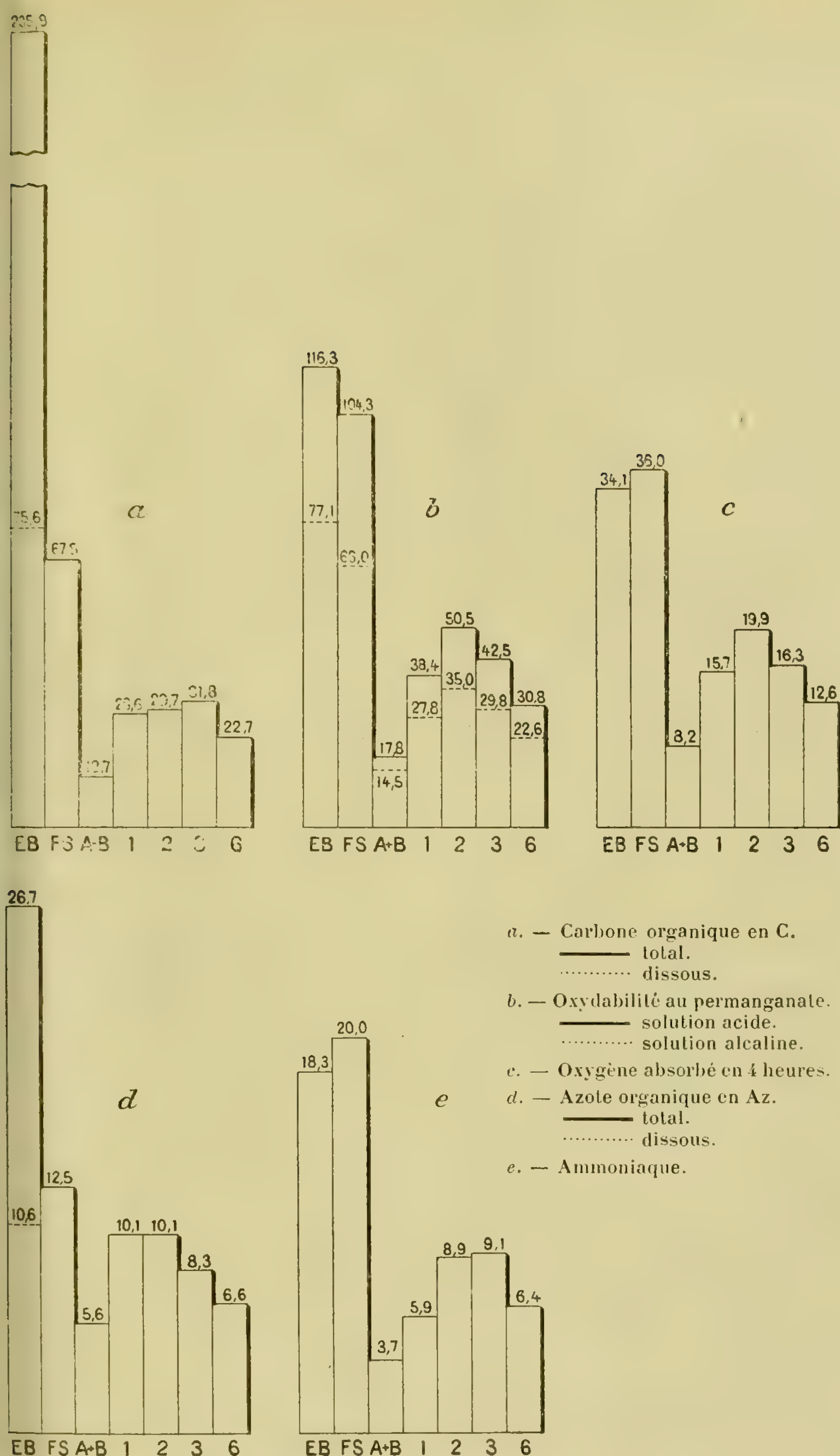
Graphique n° 3. — Ammoniaque libre ou saline.

Graphique n° 4. — Nitrates.



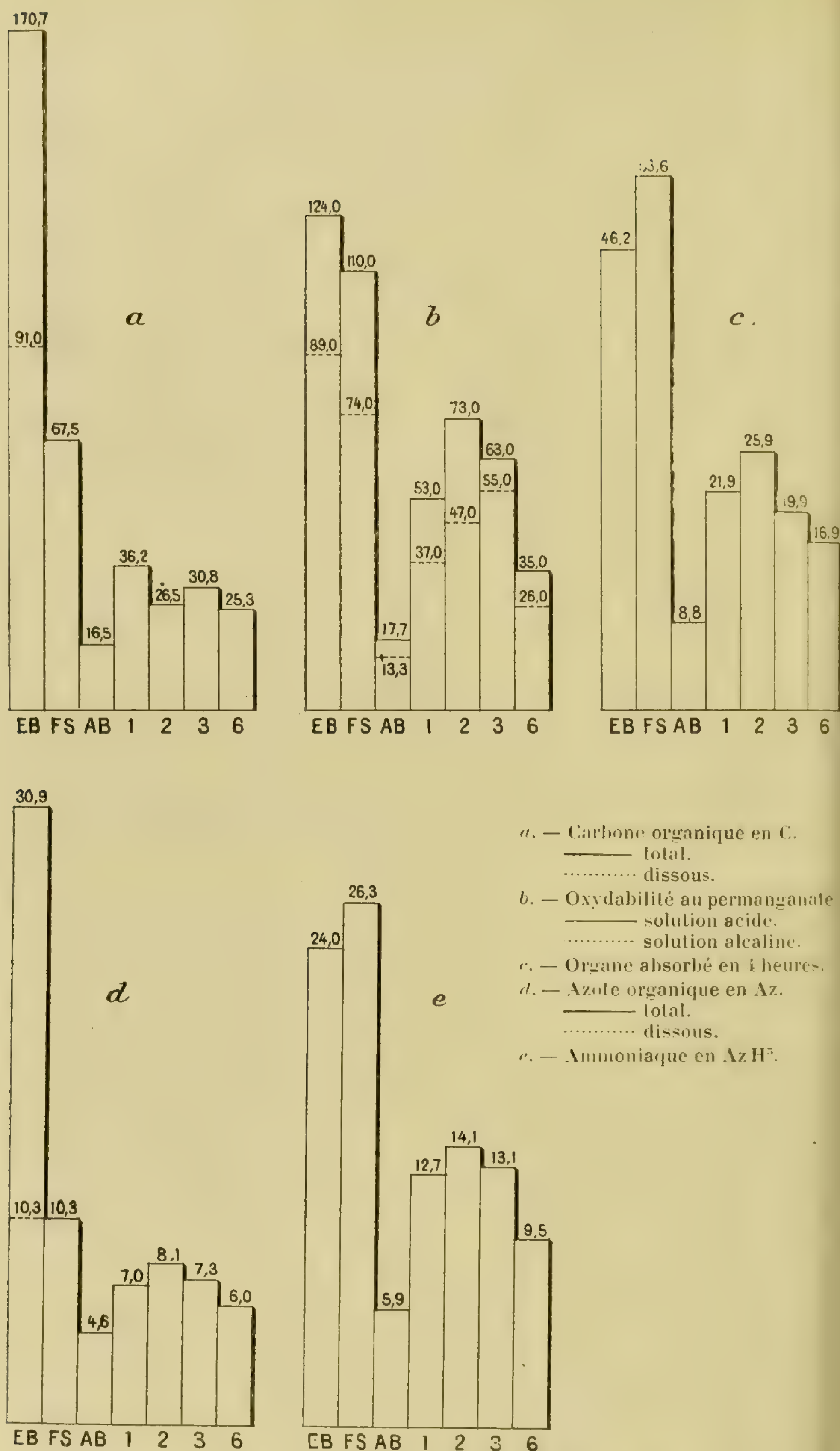
Graphique n° 5. — Analyses du 17 au 23 juillet 1910.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — A-B. Effluent des lits bactériens A et B. — 1. Effluent des lits bactériens n° 1. — 2. Effluent des lits bactériens n° 2. — 3. Effluent des lits bactériens n° 3. — 6. Effluent des lits bactériens n° 6.



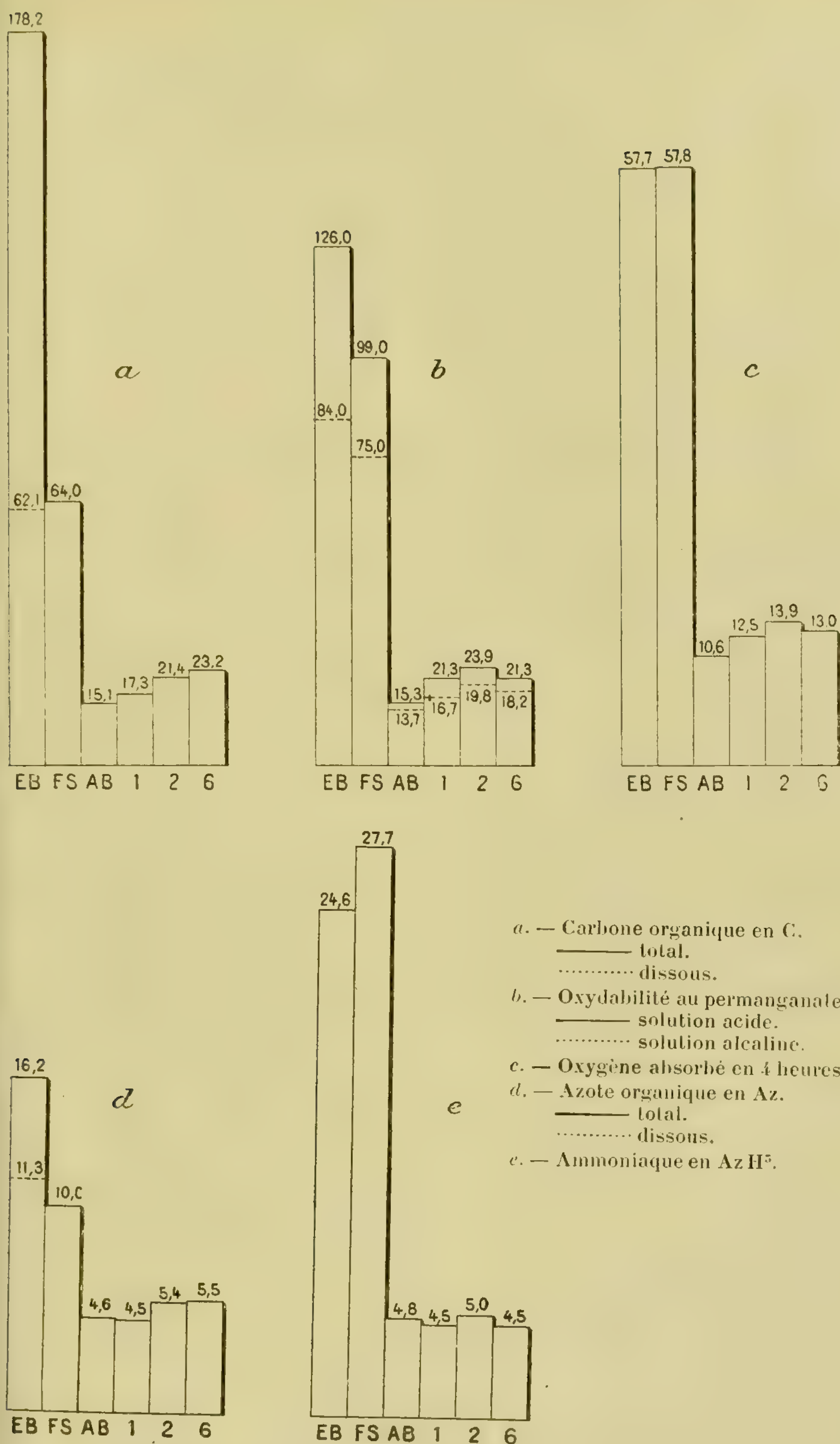
Graphique n° 6. — Analyses du 15 au 21 janvier.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — A-B. Effluent des lits bactériens A et B. — 1. Effluent des lits bactériens n° 1. — 2. Effluent des lits bactériens n° 2. — 3. Effluent des lits bactériens n° 3. — 6. Effluent des lits bactériens n° 6.



Graphique n° 7. — Analyses du 19 au 25 février 1911.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — AB. Effluent des lits bactérien A et B. — 1. Effluent des lits bactériens n° 1. — 2. Effluent des lits bactériens n° 2. — 3. Effluent des lits bactériens n° 3. — 6. Effluent des lits bactériens n° 6.



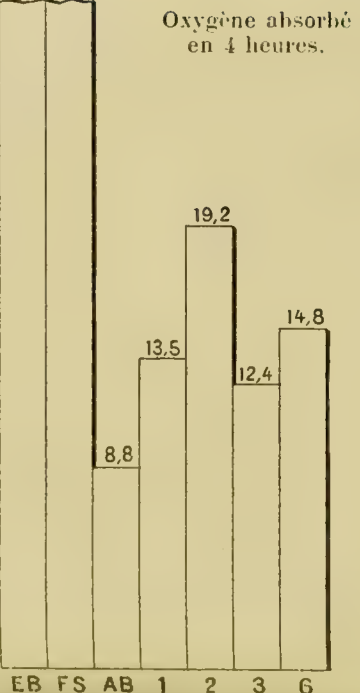
Graphique n° 8. — Analyses du 26 mai au 1er juin 1911.

EB. Eau brute. — FS. Effluent des fosses septiques. — AB. Effluent des lits bactériens A et B. — 1. Effluent des lits bactériens n° 1. — 2. Effluent des lits bactériens n° 2. — 6. Effluent des lits bactériens n° 6.

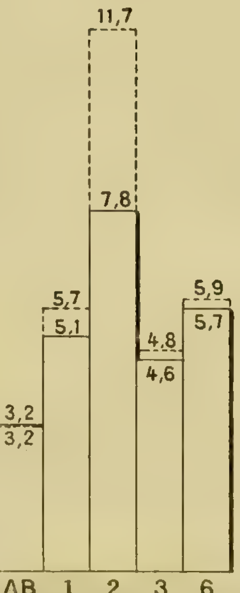
EB. — Eau brute.
FS. — Effluent des fosses septiques.
AB. — Effluent des lits bactériens AB.
1. — — — — N° 1.
2. — — — — N° 2.
3. — — — — N° 3.
6. — — — — N° 6.



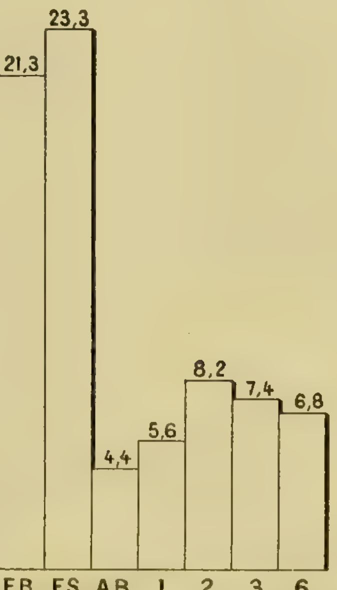
Oxygène absorbé en 4 heures.



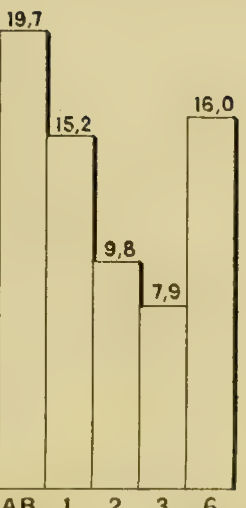
Oxygène absorbé en 3 minutes.
——— avant incubation.
·········· après —



Ammoniaque.



Nitrates.



Graphique n° 9. — Moyennes annuelles.

CHAPITRE IV

LA POLLUTION DE LA MER PAR LES EAUX D'ÉGOUT DES VILLES

Au Congrès du Royal Sanitary Institute, à Brighton, M. Edgar Newton lut un travail sur *les dangers de la pollution de la mer par les eaux d'égout et leurs conséquences* (1), dans lequel il établit :

1° Qu'il est dangereux de déverser les eaux d'égout non épurées dans la mer : pour les parcs à coquillages, comme semblent le démontrer les cas de fièvre typhoïde ayant pour origine les huîtres ainsi contaminées ; pour les autres pêcheries, à cause de la diminution du poisson ; pour les stations balnéaires, par la pollution de l'eau et le dépôt de matières nuisibles sur les rivages ;

2° Que l'étude des marées montre que celles-ci ramènent souvent sur le rivage les eaux déversées à la mer, au lieu de les conduire au large ;

3° Que le déversement de l'eau d'égout brute dans la mer doit être supprimé avant que le dommage qu'il cause se soit accru.

L'épidémie de fièvre typhoïde qui éclata il y a quelques années à Worthing est un exemple du tort considérable qui peut être fait à une station balnéaire par le rejet de l'eau d'égout brute. Cette eau, contenant tous les déchets de la vie domestique ou industrielle, est un danger qui attire peu l'attention, ce qui peut paraître anormal si l'on songe aux capitaux énormes engagés dans le but d'attirer les baigneurs. Il faut ajouter maintenant le goudron, qui se détache des routes et qui est très toxique pour les poissons.

(1) *Sanitary Rec.*, 22 sept. 1910, p. 279.

L'autopurification des eaux de la mer se produit jusqu'à un certain point, suivant l'auteur, non seulement par suite de leur composition, mais par l'aération qui résulte du mouvement des vagues.

Dans les villes basses, la faible pression des eaux dans les égouts ainsi que la perte de charge par frottement avant le rejet dans la mer, les excreta non désagrégés et contenant encore des gaz, la température plus élevée des eaux d'égout, les variations de pression atmosphérique, tout contribue à faire surnager et à disséminer les impuretés, comme on le constate souvent. Par suite de la densité de l'eau de mer, les matières en suspension se déposent moins facilement que dans l'eau douce, et viennent s'accumuler sur les hauts fonds près du rivage.

De plus, le courant des marées produit souvent à une certaine distance une pression qui s'oppose à l'écoulement des eaux venant de l'intérieur des terres, comme cela se constate à Bournemouth ; cette pression tend à soulever toutes les matières et à les déposer dans les baies. Les eaux profondes étant alors comparativement boueuses, il faut redouter la disparition des poissons plats et des coquillages, ainsi que des espèces qui leur servent de nourriture. D'ailleurs les produits goudronneux et autres les font émigrer s'ils ne les empoisonnent pas.

Un autre point de grande importance est que certaines espèces de poissons, y compris les crevettes et autres crustacés, bien que n'absorbant pas les matières des eaux d'égout, se nourrissent d'autres animaux plus petits qui peuvent les infecter. L'émissaire des égouts débouchant dans les parties les plus basses du rivage, les impuretés se répandent constamment dans la masse d'eau superficielle que fréquentent les poissons ronds et les espèces vivant dans les hautes eaux, et où baignent les coquillages fixés sur les jetées. L'auteur se demande pourquoi on n'obligerait pas les villes maritimes à épurer leurs eaux d'égout comme on y oblige les villes de l'intérieur du pays.

M. *Williamson* cite ensuite le cas de Barrow Deep, une des meilleures stations pour la pêche à la morue, qui a été ruinée par le rejet des eaux d'égout de Londres. La Fishmonger's

Company a pratiquement fermé dix-huit parcs à huîtres, en vertu de sa charte qui lui interdit de pêcher toute espèce de poisson contaminé. Il rapporte aussi qu'à la suite de bains pris sur les bords de la mer, dans des endroits contaminés par les eaux d'égout, de nouvelles salles durent être ouvertes dans les hôpitaux de Londres pour le traitement des entériques.

M. *Cooper* remarque enfin qu'il a été prouvé à plusieurs reprises que la consommation du poisson contaminé était dangereuse ; on doit donc prendre le plus grand soin pour éviter la contamination des poissons des eaux de mer profondes.

Déversement des eaux d'égout dans la baie de New York, U. S. A.

En janvier 1910 furent entreprises des recherches pour déterminer les points les plus avantageux où peuvent être déversées les eaux d'égout de New-York, ainsi que le degré d'épuration qu'on devrait faire subir aux eaux pour éviter la pollution dans la baie.

MM. W. Black et E. B. Phelps ont résumé comme suit les résultats de leurs recherches(1) :

1° La quantité d'oxygène dissous dans les eaux de la baie donne le meilleur criterium de la pureté de ces eaux. Les auteurs pensent que la proportion de cet agent naturel d'épuration ne doit pas être réduite au-dessous de 70 pour 100 de celle se trouvant dans l'eau saturée. Ce type de pureté se rapporte non seulement aux conditions moyennes dans la baie et ses tributaires, mais aussi à la condition moyenne pour les eaux des différentes profondeurs ;

2° Les auteurs ont montré que la circulation de l'eau dans les différentes couches est dépendante de la circulation dans les autres couches. Ils ont déterminé ces relations complexes avec une certaine précision, et par cela ils ont pu désigner les points les plus convenables pour le déversement des eaux

(1) *Massachusetts Institute of Technology*, Boston, 1911.

d'égout et l'effet probable de ce déversement non seulement sur la surface immédiatement adjacente, mais encore sur la masse complète de l'eau considérée. Si l'on peut réunir toutes les eaux d'égout en deux points, à Narrows et à Throgs Neck, ils estiment qu'on obtiendra le type de pureté donné plus haut, actuellement du moins, et pour l'avenir jusqu'au moment où la population de tout le district atteindra 7400000 habitants. Un tel arrangement développerait l'utilisation la plus complète des agents naturels d'épuration. Tout autre système de déversement créerait, même dans les conditions présentes, des situations locales inférieures au type proposé. Ce type peut être maintenu actuellement en épurant les eaux d'égout, déversées en d'autres points que ceux indiqués, à un degré tel que le taux d'oxygène dissous dans les eaux de la baie ne soit pas réduit de plus d'un tiers;

3° Cette épuration partielle permettra de maintenir le taux de pureté, pourvu qu'un système spécial de déversement et de dispersion soit employé dans chaque cas. Avec la méthode défectueuse actuelle de déversement local, des nuisances sont créées et persisteront même après que l'épuration aura été effectuée. Ces nuisances sont dues non pas à l'insuffisance du volume de l'eau de la baie comparé à celui des eaux d'égout déversées, mais à ce fait que l'utilisation la plus complète de cette eau ne peut être obtenue dans les conditions existantes. En étudiant les sources d'oxygène utilisables pour l'épuration, les auteurs ont trouvé qu'il existe une conception erronée de l'importance de la réaération des eaux partiellement désacérées. Ils ont montré que ce facteur de réaération est sans signification matérielle dans le cas des eaux de la baie de New-York;

4° Les auteurs ont déterminé, par des expériences pratiques faites à Brooklyn et à Boston, que le degré d'épuration, qui réduirait l'oxygène dissous dans les eaux de un tiers seulement pendant les mois d'été, peut être obtenu par une courte fermentation septique suivie d'une aération forcée. Le coût de ce traitement n'excéderait pas 2 fr. 20 par mille mètres cubes, et des études plus approfondies permettront sans doute de le réduire.

5° Les études du drainage des eaux d'égout présentées ne

sont qu'un avant-projet destiné à montrer qu'il est possible de conduire les eaux aux deux points désignés.

Pour l'établissement du projet définitif, les auteurs donnent les recommandations suivantes :

1° Établissement d'un type de pureté sur une base plus solide que celle qui existe actuellement. Ce type doit servir de base pour tout le travail. Il existe pour cela différentes opinions reposant sur des faits observés. Il est indispensable de faire à ce sujet de très nombreuses recherches dont les résultats seront soumis au jugement impartial d'une commission d'ingénieurs qui statuera;

2° Les eaux d'égout seront traitées à la station de la Twenty Six Ward par le procédé d'aération décrit, pour en déterminer d'une façon complète et définitive l'efficacité et l'économie. Ce projet ne doit pas être compris comme une expérience qui a été faite, mais comme l'épuration des eaux d'égout d'une partie du district, épuration qui sera bientôt indispensable. Les résultats obtenus permettront d'établir le plan général de l'assainissenent;

3° Enfin, on devra entreprendre une étude attentive de tout ce qui concerne le déversement des eaux d'égout et particulièrement de la dispersion propre de ces eaux dans celles au milieu desquelles elles s'écoulent. En négligeant cette étude il résultera des nuisances locales qui ne permettront pas d'utiliser les agents naturels d'épuration dont on dispose.

Contamination des coquillages par les eaux d'égout.

Il a été établi d'une façon positive que les coquillages sont particulièrement sujets à être contaminés dans les parcs recevant des eaux d'égout. Beaucoup de villes — Southend en est un exemple frappant — ont eu à payer de fortes sommes en compensation des dommages causés dans les parcs à coquillages par le déversement des eaux d'égout dans le voisinage immédiat de ces parcs[1]. Pour éviter de nouveaux procès, Southend décida l'an dernier d'épurer ses eaux et de ne

[1] *San. Rec.*, 3 mars 1910, p. 183.

déverser dans l'estuaire que les effluents de la station d'épuration. Pour cela un projet fut établi et une demande d'autorisation d'un emprunt de 4000000 francs fut déposée. Le Local Government Board, qui est souvent accusé par le public de ne pas apporter d'aide aux autorités locales, montra qu'il pouvait être un guide et un conseiller utile car, après une délibération très documentée, il suggéra les conditions dans lesquelles la dépense proposée sauvegarderait le mieux la ville contre de nouvelles actions en dommages et intérêts, telles que celle intentée en 1906. Le Board considéra que, dans l'état actuel de nos connaissances bactériologiques, il était douteux que la construction de l'installation projetée satisfasse au principal objet en vue par le Conseil, c'est-à-dire de protéger contre toute contamination des huîtres par les bactéries pathogènes dans les environs de Southend et d'éviter les conséquences d'une telle contamination. Le Board considéra que cet objet pouvait seulement être assuré par la législation, et il conseilla à l'administration de la ville de proposer une loi dans ce but, loi lui donnant une protection légale pourvu qu'elle conduise et utilise à tout moment telles installations pour l'épuration des eaux d'égout que le L. G. B. contrôlerait de temps en temps, et lui donnant les pouvoirs nécessaires pour contracter l'emprunt.

Une enquête a été faite en Angleterre par le Local Government Board pour déterminer les *conditions dans lesquelles certains mollusques autres que les huîtres sont cultivés, récoltés et conservés, et la relation de ces traitements avec la fièvre typhoïde et les autres maladies*. Dans son rapport (¹) le Dʳ Timbrell Bulstrode conclut que les mollusques jouent, pour la propagation des maladies, un rôle plus important qu'on le suppose.

Dans quelques parties du pays, les habitants ne sont pas prévenus contre les dangers que peut présenter l'ingestion des bucardes, des moules et des buccins et on y a constaté de nombreux cas d'entérite. L'auteur indique, par de nombreuses cartes utiles, les conditions dans lesquelles de grandes quantités de mollusques sont cultivées. Dans quelques cas les ins-

(¹) Suppl. au 39ᵉ *Rapport annuel du Local Government Board*. — Imp. Darling and Son, London, 1911.

tallations du traitement des eaux d'égout sont tout à proximité des parcs et la possibilité de contamination est très apparente. Actuellement il n'est pas possible d'interdire la vente des produits provenant d'endroits suspects. On a tenté sans succès de modifier la législation à ce sujet et toutes les autorités locales doivent appeler l'attention du public par des avertissements et des affiches sur les dangers de consommer les mollusques contaminés.

CHAPITRE V

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT EN FRANCE

Station d'épuration biologique des eaux d'égout du quartier de l'Abattoir, à Lille.

Nous avons signalé à plusieurs reprises[1] que la ville de Lille avait décidé en 1907 de faire établir une installation d'essai d'épuration des eaux d'égout dont les résultats devaient servir de base à l'établissement d'un projet définitif et complet d'assainissement.

Le quartier de l'Abattoir fut choisi comme étant celui qui contribue le plus à polluer la Deûle, par le rejet d'eaux résiduaires particulièrement chargées et difficiles à épurer.

Un réseau d'égouts du système séparatif fut établi conformément au plan (fig. 2). En tête de chacune des conduites un réservoir de chasse assure la propulsion des matières qui doivent être refoulées jusqu'à la station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste d'éjecteurs Shone[2], fonctionnant au moyen de l'air comprimé.

L'épuration est réalisée par le système biologique artificiel (fig. 3 à 5). Les eaux arrivent à la station dans un appareil Kremer, d'où elles s'écoulent dans deux fosses à sables et en sortent par déversement. Ces fosses à sables, qui avaient été établies dans le projet primitif, n'ont actuellement que peu d'utilité par suite de la présence de l'appareil Kremer. Cependant il s'y produit une certaine décantation et les boues en

(1) *Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout*, volumes III, IV et VI (Masson et Cie, édit. Paris).

(2) Voir volume II.

sont extraites à la drague. La fosse septique, d'une capacité de 1200 mètres cubes, a une longueur de 50 mètres et une largeur de 8 mètres. La profondeur varie de 3m,20 aux extrémités



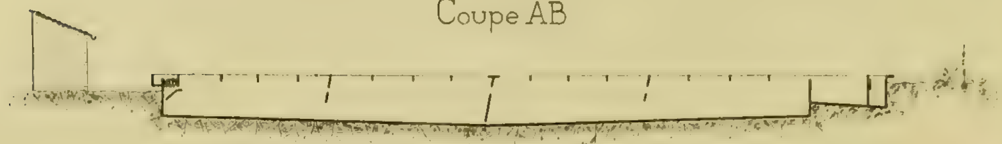
Fig. 2. — Épuration biologique des eaux résiduaires du quartier de l'Abattoir, à Lille. Canalisation du système séparatif.

a. Épuration biologique.
b. Salle de machines et éjecteurs.
— ·· — *cc*. Conduite de refoulement.
● *dd*. Regards de visite.
--- Conduite d'amenée des eaux résiduaires.
□ Réservoirs de chasses.

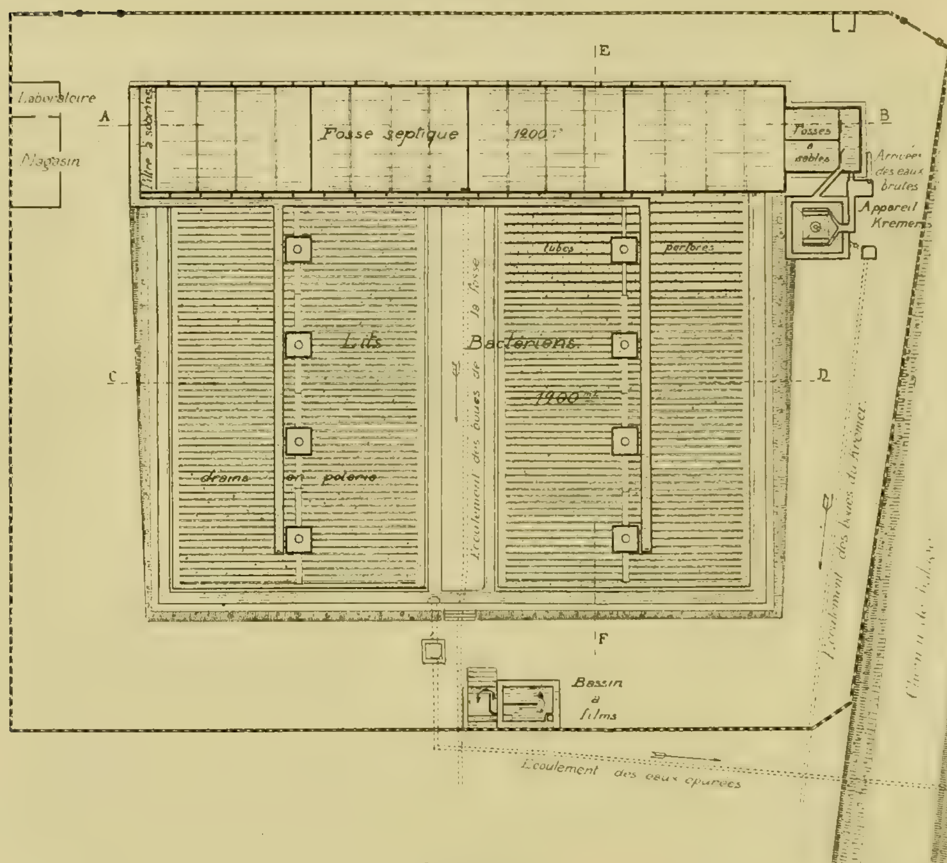
à 3m,80 au centre. Des chicanes incomplètes la divisent en quatre parties. A l'extrémité de la fosse septique se trouve un plancher perforé supportant un filtre en scories que les eaux

doivent traverser de bas en haut. Une rigole courant le

Coupe AB



Plan.



Coupe CD.



Coupe EF.

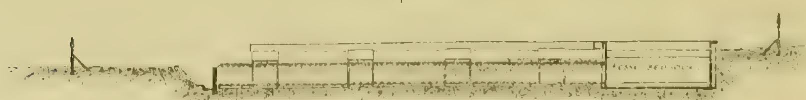


Fig. 5. — Station d'épuration des eaux résiduaires du quartier de l'Abattoir, à Lille

long de la fosse dirige les eaux vers les deux lits bactériens.

Les lits bactériens sont construits, partie entre murs bas, perforés à la base et traversés par les drains d'évacuation, partie en talus, sur 1m,75 de hauteur. Ils sont constitués par des scories mélangées d'un vingtième environ de pierres calcaires; au fond, les matériaux sont très gros pour former drainage, à la surface au contraire ils sont très fins. Une rigole d'alimentation traverse les lits pour distribuer l'eau à 4 réservoirs de chasses intermittentes desservant chacun des lits. La répartition à la surface des scories est obtenue au moyen de drains en poterie mis bout à bout, sauf pour un seul bassin qui déverse les eaux dans des tuyaux de fonte perforés comme ceux de notre installation expérimentale de la Madeleine.

Bien que les rues soient canalisées comme il était prévu au projet, peu de maisons sont encore reliées aux nouveaux égouts. On peut dire que les eaux traitées proviennent principalement du quartier militaire du train des équipages et des abattoirs; aussi est-il inutile que l'usine de refoulement fonctionne le dimanche, le bassin d'alimentation des éjecteurs et les canalisations permettant la réserve pendant ce jour.

Pendant les jours de la semaine le volume d'eau traitée est très variable, de 500 mètres cubes minimum à 1067 mètres cubes maximum. Pendant les périodes d'analyses complètes les volumes ont été en moyenne :

6 au 10 décembre 1910	758 mètres cubes.
6 au 11 février 1911	846 —
6 au 9 mars —	754 —
4 au 8 avril —	704 —
8 au 15 mai —	681 —
13 au 19 juin [1] —	720 —

Il y a lieu de remarquer que l'usine de refoulement ne fonctionne que pendant 12 heures par jour, de 6 heures du matin à 6 heures du soir. L'épuration s'effectue encore pendant quelques heures par suite de la retenue opérée en fosse septique par le filtre à scories qui se trouve à son extrémité.

Nous n'avons pas établi de contrôle permanent de la

[1] Le 18 juin étant un dimanche, le débit nul n'a pas été pris en considération pour établir la moyenne.

Tableau I. — **Périodes d'analyses co**

DATE DE LA PRISE	NATURE DE L'ÉCHANTILLON	ALCALINITÉ EN CO^3Ca	MATIÈRES EN SUSPENSION — TOTALES	ORGANIQUES	MINÉRALES	OXYG ABSO — EN 5 MINUTES	EN 4 HEURES
Du 6 décembre au 11 décembre 1910.	Eau brute :						
	— avant appareil Kremer.	415	227	169	57	»	47,
	— après —	»	155	96	59	»	»
	Effluent de la fosse septique .	497	76	44	32	»	47,
	Effluent des lits bactériens. .	500	»	»	»	5,7	15,
Du 6 février au 11 février 1911.	Eau brute :						
	— avant appareil Kremer.	427	675,6	498,0	175,7	»	54,
	— après —	428	301	219,5	81,3	»	52,
	Effluent de la fosse septique.	545	128	79,1	49	»	59,9
	Effluent des lits bactériens. .	525	»	»	»	6,5	15,
Du 6 mars au 9 mars 1911.	Eau brute :						
	— avant appareil Kremer.	498	1078,0	776	302	»	68,6
	— après —	480	282	196	86	»	59,
	Effluent de la fosse septique.	580	151	94	57	»	49,4
	Effluent des lits bactériens. .	308	»	»	»	5,1	14,
Du 4 avril au 10 avril 1911.	Eau brute :						
	— avant appareil Kremer.	455	314	216	98	»	66,
	— après —	457	129	86	43	»	49,
	Effluent de la fosse septique .	540	67	43	24	»	41,
	Effluent des lits bactériens. .	278	»	»	»	5;5	15,
Du 8 mai au 13 mai 1911.	Eau brute :						
	— avant appareil Kremer.	491	515	377	138	»	55,
	— après —	478	220	159	60	»	51,
	Effluent de la fosse septique.	605	90	58	32	»	48,
	Effluent des lits bactériens. .	295	91	44	47,0	5,5	15,
Du 15 juin au 19 juin 1911.	Eau brute :						
	— avant appareil Kremer.	456	352	259	53	»	50.
	— après —	450	159	107	52	»	49.
	Effluent de la fosse septique.	556	138	80	58	»	42.
	Effluent des lits bactériens. .	286	9,4	5,6	3,8	4,8	15.

ation du quartier de l'Abattoir, à Lille.

…RES …UES au …nate …ène. — EN SOLUTION ALCALINE	CARBONE ORGANIQUE EN C — TOTAL	CARBONE ORGANIQUE EN C — DISSOUS	CARBONE ORGANIQUE EN C — EN SUSPENSION	AMMONIAQUE EN AzH^3	AZOTE EN Az — AMMONIACAL	AZOTE EN Az — ORGANIQUE — TOTAL	AZOTE EN Az — ORGANIQUE — DISSOUS	AZOTE EN Az — ORGANIQUE — EN SUSPENSION	NITRATES EN Az^2O^5	NITRITES EN Az^2O^3	PUTRESCIBILITÉ
120	218	171	47	22,8	18,7	56,7	45,3	11,4	»	»	»
»	200	161	39	»	»	50,2	43,2	7,	»	»	»
90	»	93	»	41,7	34,2	»	25,1	»	»	»	»
18.5	»	35,6	»	15,6	12,7	»	7,2	»	79,0	5,2	2/6
108	352,6	126,8	226,8	28,5	23,2	60,4	43,0	47,4	»	»	
122	276,4	146,3	130,1	28	23,0	48,2	41,0	7,2	»	»	»
93	155,5	94	61,5	48,6	39,9	29,0	27,1	1,9	»	»	»
29.5	»	44,9	»	19,6	16,1	»	14,5	»	75,5	1,3	0/6
169	998	227	771	35	28,7	80,8	49,6	31,2	»	»	»
147	252	200	52	29,7	24,4	59,8	55,3	4,5	»	»	»
89	94.5	65,3	29,2	56	45,9	26,7	19,7	7.0	»	»	»
50.2	»	50,2	»	19,4	15,9	»	8,9	»	82,5	2,0	0/4
147	452	257	195	30,5	25,0	85,9	60,3	25,6	»	»	»
117	306	240	66	29,0	23,8	66,6	49,4	17,2	»	»	»
81	155	129	26	47,8	39,2	37,2	34,6	2,6	»	»	»
25	»	57,2	»	16,6	13,6	»	16,2	»	104,0	2,5	0/6
102	339	173,5	165,5	31,4	25,7	62,4	42,7	19,7	»	»	»
95	213,8	138,7	75,1	30,0	24,4	49,2	39,5	9,7	»	»	»
67	97,2	88,3	8,9	51	41,9	31,7	26,6	5,1	»	»	»
24	»	30,7	»	16,6	13,6	»	9,4	»	134,0	5,4	0/6
89	276	143	133	29	23,8	41,2	29,0	12,2	»	»	»
82	157,6	127	30,6	28	23	56,1	52,1	4.0	»	»	»
62	107	60,5	39.5	48,5	39.8	22.2	14,7	7,5	»	»	»
19	»	25.9	»	12,4	10,2	»	6,6	»	66.0	7,5	0/5

TABLEAU II. — **Analyse de l'effluent des lits bactériens.**

DATES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES AVANT INCUBATION	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 3 MINUTES APRÈS INCUBATION	AMMONIAQUE	NITRATES	NITRITES
Du 15 sept. au 18 sept. 1910. . .	21,4	10,1	7,6	23,8	64,0	4,7
— 19 — — 25 — — . . .	22,0	11,0	7,6	27,7	58,0	4,6
— 26 — — 2 oct. — . . .	32,1	18,1	18,1	45,7	31,8	2,8
— 3 oct. — 9 — — . . .	17,5	11,3	12,0	35,5	35,0	5,0
— 10 — — 16 — — . . .	17,1	7,8	7,8	36,3	25,4	2,2
— 17 — — 23 — — . . .	22,4	10,4	4,4	34,0	82,0	1,2
— 24 — — 30 — — . . .	15,2	6,6	3,4	22,5	75,8	2,1
— 31 — — 6 nov. — . . .	14,1	6,1	2,9	21,3	66,0	2,7
— 7 nov. — 13 — — . . .	12,9	5,9	2,7	18,2	72,0	2,3
— 14 — — 20 — — . . .	10,2	3,5	1,5	14,5	79,7	1,9
— 21 — — 27 — — . . .	12,7	5,4	1,3	15,4	60,5	2,3
— 28 — — 4 déc. — . . .	10,5	4,9	2,2	13,7	68,4	1,7
— 5 déc. — 11 — — . . .	13,7	5,7	3,9	15,6	79,0	3,2
— 12 — — 18 — — . . .	10,7	6,2	3,5	12,8	80,5	2,4
— 19 — — 25 — — . . .	10,3	4,7	2,1	12,9	88,0	2,2
— 26 — — 31 — — . . .	11,4	5,1	3,0	12,6	89,0	2,1
— 2 janv. — 8 janv. 1911. . .	10,7	5,0	1,7	12,1	129,0	2,9
— 9 — — 15 — — . . .	19,1	8,9	3,2	15,2	69,0	1,1
— 16 — — 22 — — . . .	17,5	8,3	3,4	14,7	75,0	1,3
— 23 — — 29 — — . . .	16,6	7,3	2,3	16,6	59,0	1,2
— 30 — — 5 février — . . .	17,4	8,1	3,8	19,8	66,0	0,9
— 6 février — 12 — — . . .	15,5	6,5	3,4	19,6	73,5	1,3
— 13 — — 19 — — . . .	16,4	7,3	3,6	17,0	76,0	0,5
— 20 — — 26 — — . . .	»	»	»	»	»	»
— 27 — — 5 mars — . . .	19,0	8,3	5,0	17,4	66,0	1,6
— 6 mars — 12 — — . . .	14,0	5,1	3,5	19,4	82,0	2,6
— 13 — — 19 — — . . .	17,6	8,0	5,0	22,3	89,0	2,2
— 20 — — 26 — — . . .	14,7	6,5	3,3	21,9	65,0	2,0
— 27 — — 2 avril — . . .	15,5	6,4	2,7	17,4	75,0	1,9
— 3 avril — 9 — — . . .	13,5	5,3	3,4	16,6	104,0	2,5
— 10 — — 16 — — . . .	16,6	6,7	2,8	19,1	72,0	2,5
— 17 — — 23 — — . . .	18,1	7,3	3,7	21,7	85,0	4,1
— 24 — — 30 — — . . .	17,9	6,8	4,6	24,0	73,0	3,9
— 1er mai — 7 mai — . . .	18,0	7,0	4,1	26,5	83,0	4,2
— 8 — — 14 — — . . .	13,8	5,3	4,1	16,6	134,0	5,4
— 15 — — 21 — — . . .	15,7	6,3	3,9	20,4	88,0	5,5
— 22 — — 28 — — . . .	12,6	4,9	4,0	17,8	95,0	5,9
— 29 — — 4 juin — . . .	14,0	5,3	4,2	14,5	102,0	7,0
— 5 juin — 11 — — . . .	»	»	»	»	»	»
— 12 — — 18 — — . . .	13,2	4,8	5,0	12,4	66,0	7,5
— 19 — — 25 — — . . .	12,6	5,0	3,5	12,0	80,0	5,1
— 26 — — 30 — — . . .	14,1	5,2	4,6	18,2	90,0	7,5
Moyennes	15,7	6,9	3,8	19,9	76,2	3,1

station comme nous l'avons fait à La Madeleine, car la disposition des lieux ne nous permet pas de recueillir toute l'année des échantillons moyens des eaux aux différentes phases de l'épuration. Mais nous avons effectué des analyses journalières de l'effluent, tel qu'il est rejeté au canal, et pendant 4 à 6 jours nous avons fait des analyses complètes. Les moyennes des résultats de ces analyses sont relevées dans les tableaux I, II et III.

Pour les analyses complètes on mesurait toutes les demi-heures un litre, qu'on versait dans un baquet; le tout était mélangé soigneusement à la fin de la journée et on en prélevait quelques litres pour être portés au laboratoire.

L'échantillon journalier était prélevé à la sortie de la station dans la matinée après 4 heures environ de fonctionnement.

TABLEAU III. — **Pourcentage d'épuration**

	Par rapport à l'eau décantée dans l'appareil Kremer. EFFLUENT		Par rapport à l'effluent de la fosse septique. EFFLUENT
	DE LA FOSSE SEPTIQUE	DES LITS BACTÉRIENS	DES LITS BACTÉRIENS
Oxygène absorbé en 4 heures	13,4	71,6	69,4
Matières organiques en solution acide.	36,9	81,5	70,9
— — — alcaline.	29,4	78,6	69,8
Carbone organique dissous.	49,7	79,8	59,9
Azote organique dissous.	41,8	75,0	57,2
Ammoniaque.	»	»	65,9

Appareil Kremer. — Depuis quelques années l'appareil Kremer a été modifié; aussi devons-nous le décrire de nouveau[1] en citant la notice de la Société[2] qui a acquis la licence du brevet pour la France.

« Le procédé de clarification Kremer sépare d'une manière mécanique, au moyen d'une particularité dans l'amenée des eaux usées, les matières insolubles contenues dans ces eaux

(1) Voir description du modèle antérieur, vol. II, p. 198.
(2) Société industrielle de produits chimiques, 10, rue de Vienne, Paris.

dans des conditions telles, que, suivant leur poids spécifique, elles se groupent dans deux couches de boues.

« Les particules colloïdales et visqueuses et les matières organiques plus légères adhérentes forment la couche supérieure ou couche surnageante, tandis que la couche inférieure ou couche de fond rassemble les matières plus lourdes ou précipitées.

« La figure 6 montre l'appareil Kremer dont le fond, en forme de trémie allongée, se termine par un cylindre à boues profond, dans lequel les boues se rassemblent d'elles-mêmes. Cette construction du cylindre permet d'évacuer, à tous moments, les boues sous une forme pauvre en eau et compacte, sans la moindre interruption de l'exploitation et sans pénétration ni dilution par l'eau surnageante.

« Le mode opératoire est le suivant : les canaux *a* amènent l'eau dans les canaux latéraux *b*. De là elle est projetée par le butoir *c* vers la surface de la cloche *d*. Dans cette cloche se produit alors la formation de la couche surnageante, à la surface de l'eau *e*, de sorte que les particules colloïdales combinées avec des matières organiques légères sont projetées par remous dans la couche surnageante, à travers laquelle elle s'élève progressivement au-dessus de l'eau.

« L'enlèvement de la couche surnageante se fait, de la manière la plus simple, avec une écumoire manœuvrée à la main, dès que cette couche a atteint l'épaisseur de 10 à 20 centimètres (tous les deux ou trois jours).

« A la sortie de la cloche *d*, les eaux brutes cheminent, à travers la chambre de sédimentation *f*, vers l'espace annulaire. Dans la chambre *f*, par suite de la diminution considérable de la vitesse du courant d'eau, se séparent les matières lourdes qui se précipitent et se rassemblent au fond, d'où elles glissent sur les parois de la trémie, jusque dans le cylindre à boues *i*. A travers l'espace annulaire *g* l'eau sort par en haut et se déverse dans les rigoles de trop-plein *h*.

« L'enlèvement des boues du cylindre à boues *i* se fait aussitôt que ce cylindre est rempli sur toute sa hauteur au moins. La vanne du cylindre à boues est alors ouverte pendant quelques instants et les boues épaisses du fond s'écoulent au dehors automatiquement, par suite de la surpression

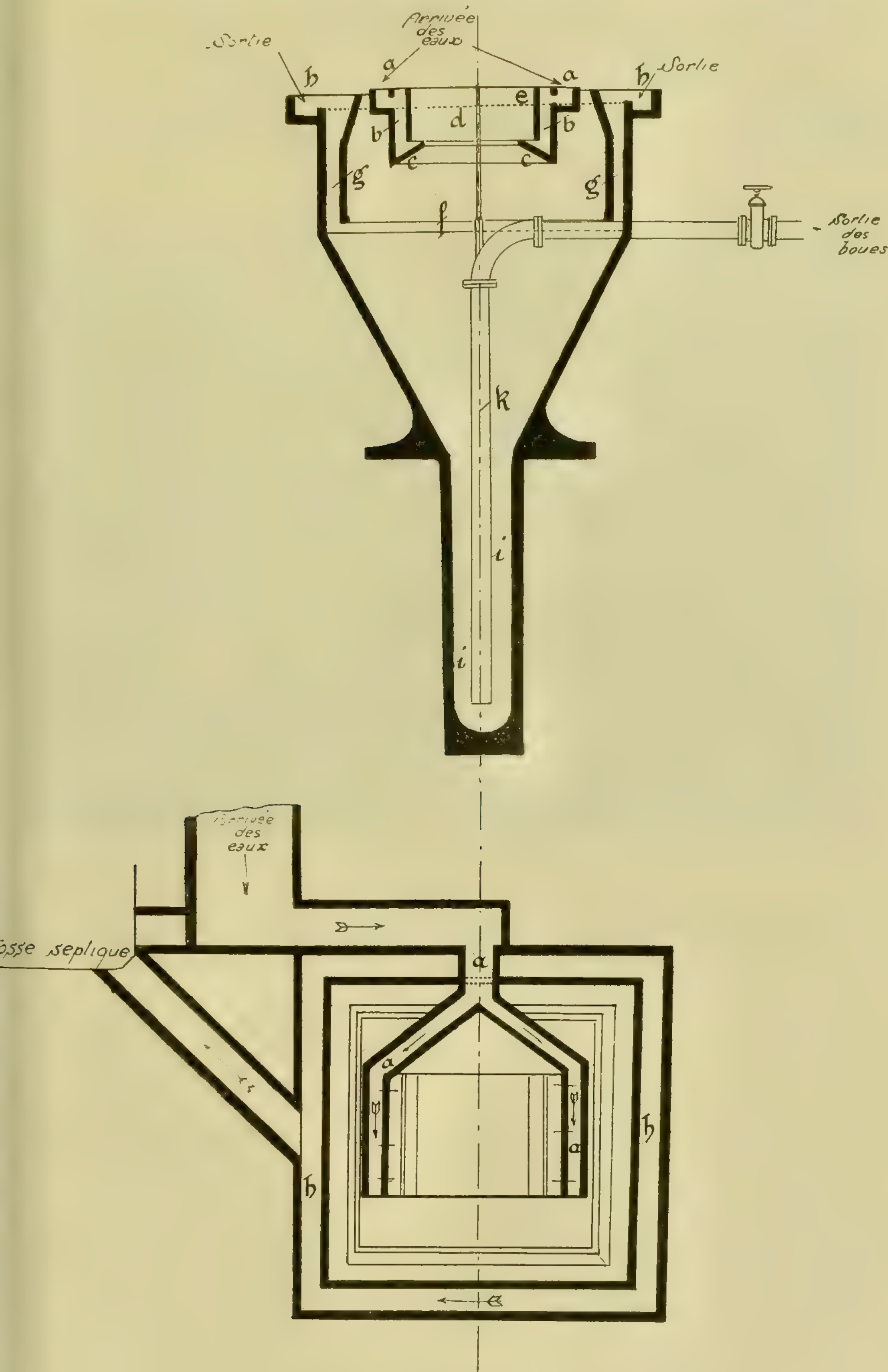


Fig. 4. — Appareil Kremer.

de la colonne d'eau qu'elles supportent. L'enlèvement des boues se fait environ tous les deux jours. »

Le fonctionnement ainsi décrit est exact dans ses grandes lignes et probablement adapté au traitement des eaux d'égout de villes. Il ne l'est pas aussi exactement à celui des eaux

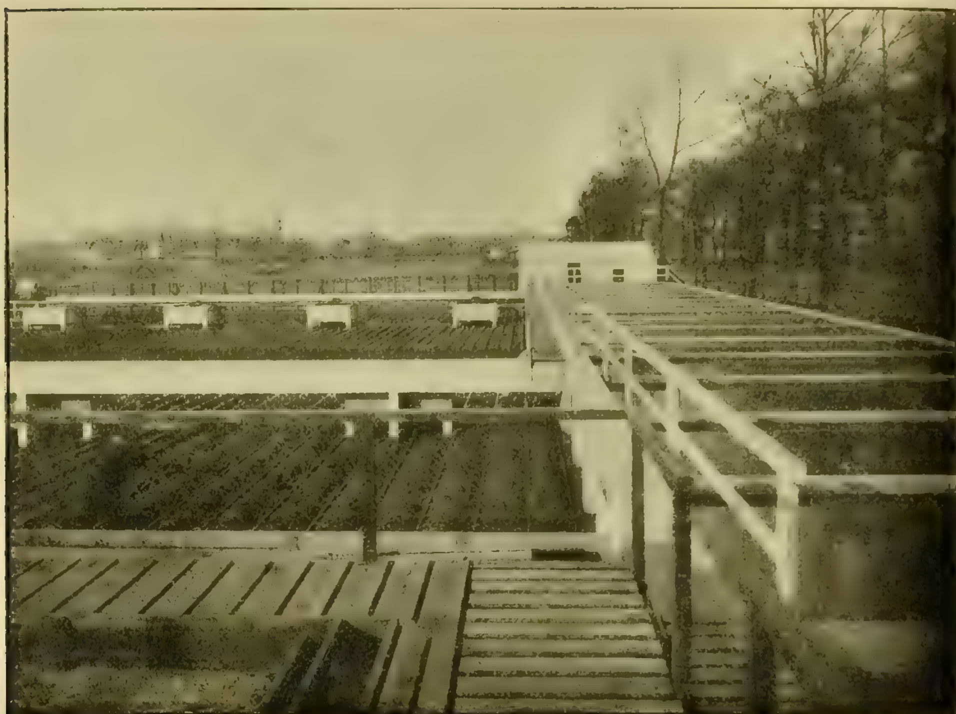


Fig. 5. — Station d'épuration des eaux d'égout du quartier de l'Abattoir à Lille.

Vue prise de la plateforme de l'appareil Kremer : à droite, fosse septique ; en face, lit bactérien alimenté par des tubes en fonte perforée ; à gauche et au fond, lits bactériens alimentés par des drains.

reçues à la station de Lille par suite de leur nature toute spéciale.

Par exemple, la présence de fourrages contenus dans les panses des animaux, et quelquefois de débris d'intestins, produisait au début un feutrage qui bouchait complètement le tuyau *k* d'évacuation des boues. Cet inconvénient a pu être atténué en augmentant d'une façon sensible le diamètre du tuyau. Les boues qui se déposent dans le cylindre *i* se tassent difficilement : aussi est-on obligé d'en pratiquer l'évacuation 4 à 5 fois par jour. Enfin la couche surnageante ne s'est pour ainsi dire jamais formée : on se borne de temps en temps à

enlever quelques morceaux assez volumineux de graisse qui flottent.

Décantation dans l'appareil Kremer. — Comme nous l'avons fait remarquer à différentes reprises dans nos précédents

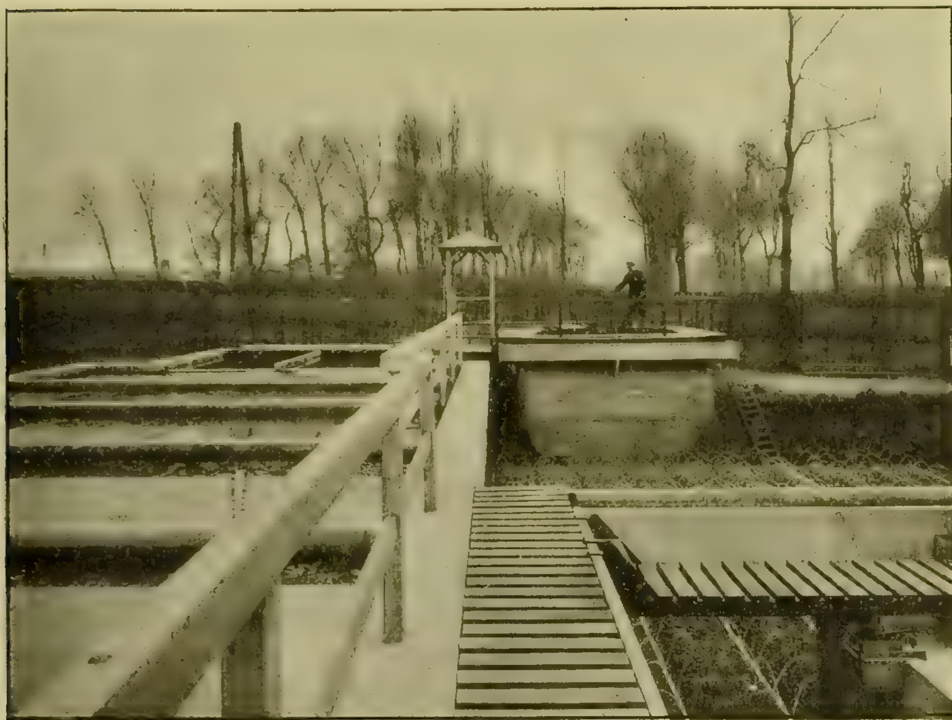


Fig. 6. — Station d'épuration des eaux d'égout du quartier de l'Abattoir à Lille. A droite lits bactériens, à gauche fosse septique, au fond appareil Kremer.

volumes, la détermination des matières en suspension dans une eau d'égout ou une eau résiduaire industrielle est toujours délicate. Ces matières sont plus ou moins abondantes et elles sont réparties inégalement dans l'eau, de sorte qu'on n'est jamais assuré de prélever un échantillon moyen, quelques précautions que l'on prenne. La séparation de ces matières de l'eau dans laquelle elles baignent ne peut se faire, selon nous, que par la méthode déjà indiquée (1) consistant dans la décantation, suivie de centrifugation du dépôt qu'on recueille dans une capsule tarée, laquelle est pesée après

(1) Voir *Méthodes d'analyses*, 1er supplément.

dessiccation. La méthode par filtration que nous avons expérimentée par comparaison est plus sujette aux causes d'erreur, car on ne peut opérer que sur des volumes d'eau relativement très faibles (200 cc. au lieu de 1 litre) et encore la filtration est-elle toujours très difficile ou incomplète. Les

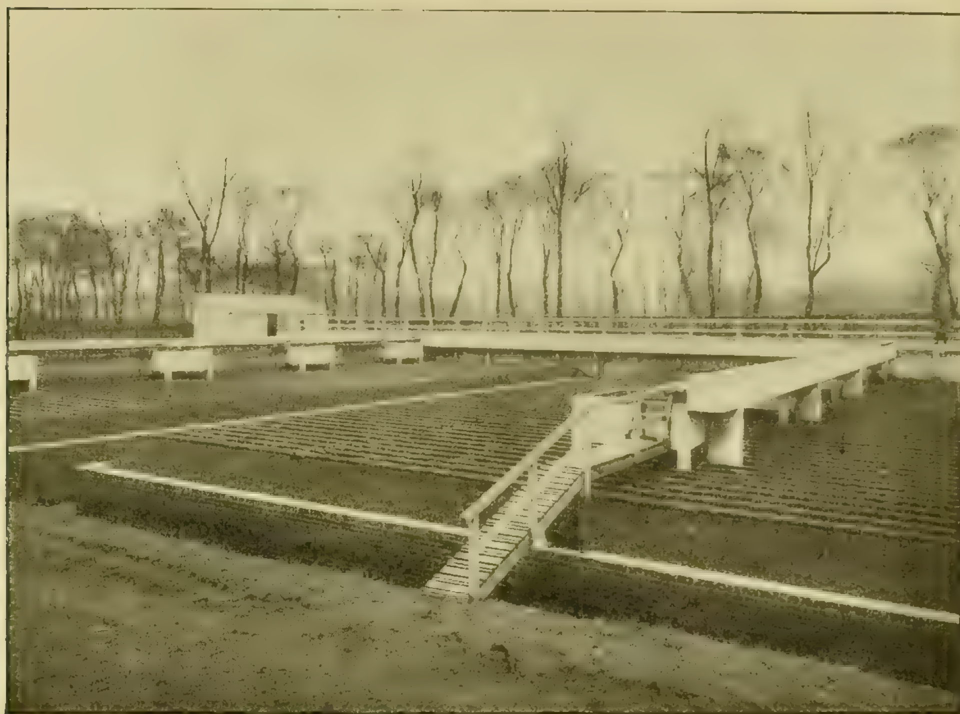


Fig. 7. — Station d'épuration des eaux d'égout du quartier de l'Abattoir à Lille. Lits bactériens, au fond, fosse septique.

eaux d'égout et tout particulièrement les eaux d'abattoir renferment une assez grande proportion de matières colloïdales (sang) qui colmatent rapidement les filtres.

Le pourcentage d'élimination des matières en suspension obtenu par le passage des eaux dans l'appareil Kremer a été pendant les périodes d'analyses :

6 au 11 décembre 1910.	45,8 0/0
6 au 11 février 1911..	55,3 0/0
6 au 9 mars —	73,9 0/0
4 au 10 avril —	59,0 0/0
8 au 13 mai —	57,3 0/0
13 au 19 juin —	54,6 0/0
Soit en moyenne..	57,6 0/0

Ces résultats peuvent être considérés comme très satisfaisants si l'on tient compte de la nature toute spéciale des eaux traitées.

Rôle de la fosse septique. — Nous venons de voir que, si l'on s'en rapporte aux résultats de nos périodes d'analyse, 42,4 pour 100 des matières en suspension échappées de l'appareil Krémer se rendent dans la fosse septique. Ces matières se déposent en partie dans la fosse septique. On a tenté d'apprécier à plusieurs époques les dépôts qui se sont formés et le graphique 10 représente les hauteurs de boues constatées à ces moments.

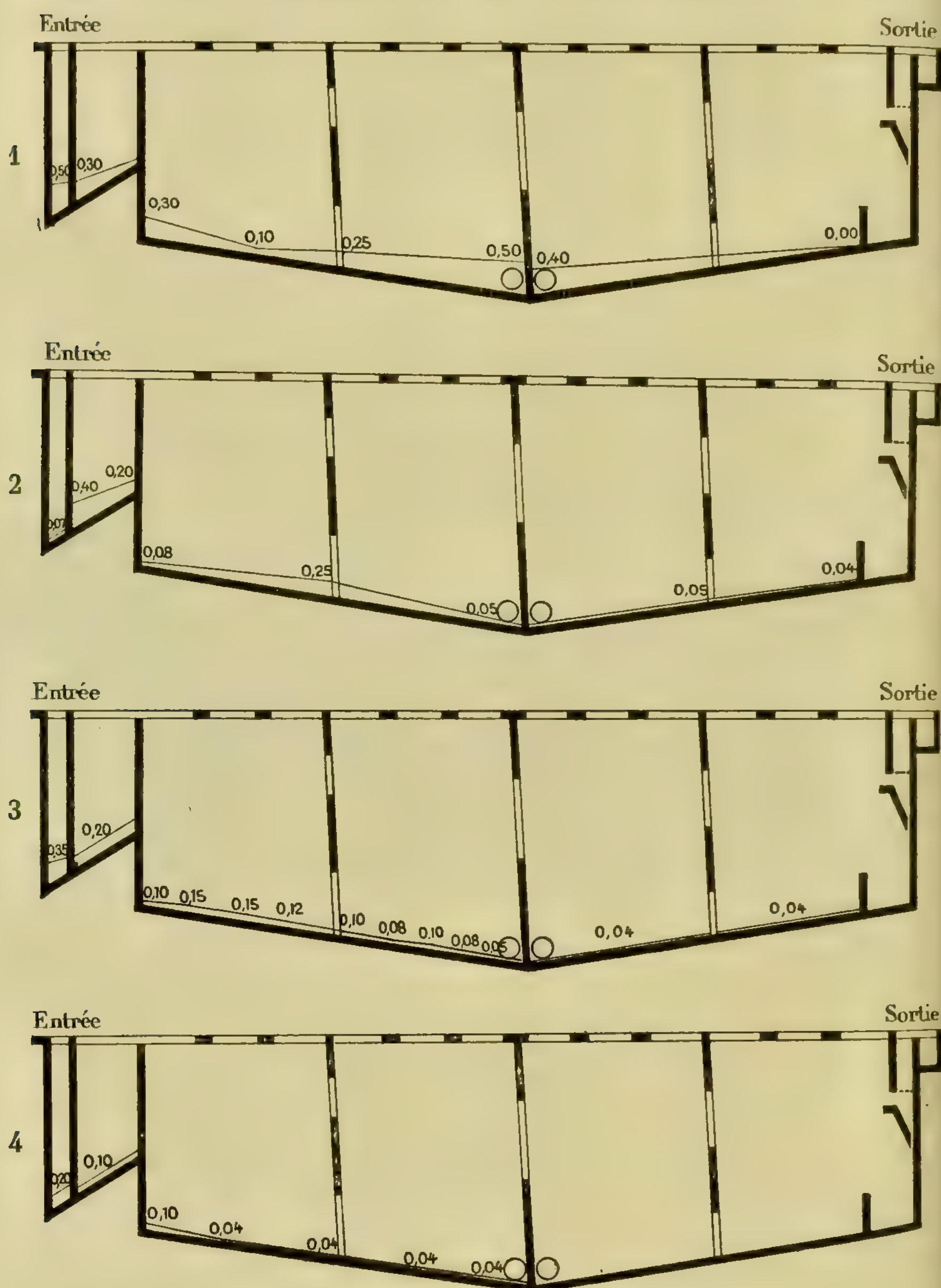
L'activité des fermentations ne s'est révélée dans la fosse septique par des dégagements de gaz et par un aspect tout différent de l'effluent qu'au bout de plusieurs mois. On constate qu'elle se manifeste par la diminution graduelle des dépôts qui se solubilisent et se gazéifient très rapidement, puisque ces dépôts diminuent au lieu d'augmenter. Il est donc permis de supposer qu'il ne sera jamais utile de draguer la fosse septique.

Malgré cela, 25,6 pour 100 des matières en suspension totales seraient entraînés avec l'effluent de la fosse septique. Nous pensons que ces nombres indiquent des maxima qui n'ont été atteints que passagèrement car les lits ne présentent pas encore, après un an de fonctionnement, de colmatage qui devrait être apparent. Cependant, nous verrons plus loin que ces matières oxydées sur les lits sont déchargées à certains moments avec les effluents épurés.

Quelles sont ces matières qui échappent ainsi aux deux modes de décantation successifs? Nous avions pensé d'abord qu'elles étaient formées presque exclusivement de matières organiques et, pour nous en rendre compte, nous avons calculé la proportion de la partie organique et de la partie minérale pour les périodes d'analyses. Nous avons trouvé ainsi pour cent :

	Matières organiques.	Matières minérales.
Eau brute	71,6	25,9
Effluent de l'appareil Kremer	64,7	35,3
Effluent de la fosse septique	61,2	38,8

Les analyses ne semblent pas confirmer notre hypothèse



Graphique n° 10. — Station du quartier de l'Abattoir, à Lille. — Hauteur des boues dans la fosse septique.

1. — 11 janvier 1911.
2. — 27 mars —
3. — 29 juin 1911.
4. — 29 août —

(L'échelle des hauteurs est quatre fois plus grande que celle des longueurs.)

qui est pourtant très plausible, car si l'on examine les échan-

tillons au moment du prélèvement, on remarque que dans l'eau brute nagent des flocons très volumineux de sang coagulé, et qu'au contraire les particules en suspension sont plus petites à mesure que les eaux traversent d'abord l'appareil Kremer, puis la fosse septique. Il est à remarquer que la partie organique de ces matières est beaucoup plus importante que dans les eaux d'égout comme celles de la Madeleine où la proportion maximum est de 51,55 pour 100 au lieu de 61,2 à 71,1 pour 100 dans les eaux de l'Abattoir.

L'action septique qui s'opère dans la fosse, tant sur les matières en suspension que sur les matières dissoutes, est assez importante. On verra dans le tableau III les pourcentages d'épuration pour ces dernières.

Cette action est surtout manifeste sur la matière azotée. L'ammoniaque semble légèrement diminuer par passage dans l'appareil Kremer, ce qui ne peut s'expliquer que par la non-concordance parfaite des échantillons. Par contre, elle augmente d'une façon considérable pendant le séjour en fosse septique, de 64,4 pour 100 par rapport à l'eau brute et de 69,2 pour 100 par rapport à l'effluent de l'appareil Kremer.

Du reste, l'aspect de l'eau change totalement pendant le séjour en fosse septique : de rouge à l'entrée, elle devient jaune sale à la sortie.

Cela n'est pas sans dégager aussi des odeurs qui varient d'intensité suivant les influences atmosphériques; mais elles ne peuvent cependant incommoder, les habitations étant assez éloignées de la station.

Matières colloïdales. — Nous avons exposé déjà (1) les opinions de divers auteurs sur l'importance des matières colloïdales dans les eaux d'égout et nous avons rapporté les expériences que nous avions entreprises à ce sujet (2).

Nous avons repris cette étude qui semblait d'autant plus intéressante que les eaux traitées à la station de l'Abattoir contenaient des matières colloïdales d'un type très connu, telles que les albumines du sang.

(1) 4e volume, page 42.
(2) 5e volume, page 54.

Nous avons opéré la séparation de ces matières colloïdales en agitant 100 centimètres cubes d'eau avec 20 grammes de talc. Nous avons évalué la matière organique par la quantité d'oxygène absorbé en quatre heures sur l'eau avant traitement et sur l'eau traitée par le talc et filtrée : la différence nous donnait la proportion de matières entraînées. Les résultats ainsi obtenus pour les trois dernières périodes sont rapportés dans le tableau IV.

Tableau IV. — **Précipitation par le talc.**

Oxygène absorbé en 4 heures (en milligrammes par litre).

PÉRIODES		EAU BRUTE Avant Kremer.	EAU BRUTE Après Kremer.	FOSSE SEPTIQUE	EFFLUENT DES LITS BACTÉRIENS
Du 5 avril au 10 avril 1911.	Matières oxydables totales. . .	68,1	52,3	44,0	15,3
	— — dissoutes. .	19,3	16,9	19,7	9,1
	— — précipitées.	48,8	35,4	24,3	6,2
	Proportion pour 100 :				
	Matières dissoutes.	28,3	32,3	44,8	59,5
	— précipitées.	71,7	67,7	55,2	40,5
Du 8 mai au 13 mai 1911.	Matières oxydables totales. . .	55,6	51,6	48,0	13,8
	— — dissoutes. .	15,8	14,1	20,3	9,3
	— — précipitées.	39,8	37,5	27,7	4,5
	Proportion pour 100 :				
	Matières dissoutes	28,4	27,3	42,3	67,4
	— précipitées.	71.6	72,7	57,7	32,6
Du 13 juin au 19 juin 1911.	Matières oxydables totales. . .	50,4	48,5	42,2	13,2
	— — dissoutes. .	13,2	14,0	16,3	9,6
	— — précipitées.	37,2	34,5	25,9	3,6
	Proportion pour 100 :				
	Matières dissoutes.	26,2	29,3	38.6	72 7
	Matières précipitées.	73,8	70,7	61,4	27,3

Le fait principal qui découle de l'examen des résultats ainsi obtenus est que les matières colloïdales diminuent de plus en plus au fur et à mesure de l'avancement du travail

d'épuration. Cette diminution se constate non seulement en considérant les résultats bruts, mais encore en comparant les proportions relatives des matières solubles et des matières précipitées. Ainsi, la proportion maxima de matières colloïdales dans l'eau brute atteint 75,8 pour 100 des matières oxydables totales, tandis que dans certains cas l'eau épurée peut n'en contenir seulement que 27,5 pour 100.

Il y a donc précipitation partielle des matières colloïdales dans l'appareil Kremer, précipitation et transformation dans la fosse septique et fixation sur les scories. Ces matières fixées par les scories sont détruites ou oxydées et entraînées ensuite par l'effluent lorsque la pellicule est suffisamment épaisse pour se détacher.

Épuration sur les lits bactériens. — Des résultats des analyses rapportés dans le tableau I, nous avons calculé les pourcentages d'épuration, d'une part, en prenant pour base l'effluent de l'appareil Kremer, considéré comme eau brute entrant dans l'installation d'épuration biologique proprement dite, d'autre part, en étudiant l'effluent de la fosse septique pour nous rendre compte de l'épuration obtenue après passage sur les lits bactériens.

L'eau étant très chargée lorsqu'elle est déversée à la station, on pourrait penser que ces pourcentages d'épuration sont relativement faibles : de 71,6 à 81,5 par rapport à l'eau brute et 57,2 à 70,9 par rapport à l'effluent de la fosse septique. Mais, comme l'ont du reste fait remarquer plusieurs auteurs et, en particulier, Dunbar, directeur de l'Institut d'hygiène de Hambourg, le pourcentage d'épuration importe peu : le résultat final doit être le rejet à la rivière d'une eau imputrescible.

Par l'examen des résultats moyens par semaine, rapportés dans le tableau II, on peut être rassuré, car l'effluent contient toujours une quantité d'oxygène, soit libre, soit combiné à l'azote (nitrates et nitrites), bien supérieure à celle nécessitée par l'oxydation des matières organiques.

C'est, du reste, ce qui est démontré par l'épreuve d'incubation (tableau V). Pour cette épreuve, on met les échantillons dans des conditions qui ne sont jamais réalisées natu-

rellement, c'est-à-dire à l'abri complet de l'oxygène de l'air et à une température de 30°, très favorable à la pullulation des germes. Donc, *a fortiori*, dans les conditions ordinaires où

Tableau V. — **Analyses de l'effluent des lits bactériens avant et après 7 jours d'incubation à 30°.**

DATES	OXYGÈNE absorbé en 3 minutes.		AMMONIAQUE		NITRATES		NITRITES	
	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation	avant incubation	après incubation
Du 6 au 11 déc. 1910. .	5,7	3.9	15.6	15,0	79	31	3,2	3,6
Du 6 au 11 fév. 1911. .	6,5	3,4	19.6	28,4	73	29	1,3	0.5
Du 6 au 9 mars — .	5,1	3,5	19,4	21,3	82	67	2,0	2,6
Du 4 au 10 avril — . .	5,3	3,4	16,6	18,1	104	73	2,5	5.0
Du 8 au 13 mai — . .	5,3	4,1	16,6	15,3	134	108	5,4	9.9
Du 13 au 19 juin — . .	4,8	5,0	12,4	12,5	66	69	7,3	6,8

l'eau est rejetée dans une rivière coulant au large contact de l'air, exposée aux ardeurs du soleil, et à une température qui atteint très rarement 30°, les exigences devront être moindres. Aussi, voyons-nous tous les échantillons présenter encore après cette épreuve des proportions souvent très fortes de nitrates.

Une mention spéciale doit être faite pour l'épreuve au bleu de méthylène. Si nous adoptions la méthode américaine, nous n'aurions jamais observé de décoloration, car elle ne s'est produite pour la première période qu'au bout de trois jours, les chimistes américains observant les échantillons au bout de deux jours seulement. La décoloration du bleu de méthylène précède toujours le moment où l'eau devient réellement putrescible. Mais, nous ne saurions trop le répéter, ce sont des conditions anormales et nous trouvons suffisamment rigoureuse l'épreuve américaine d'une durée de deux jours seulement. Dans ces conditions, aucun de nos échantillons n'eût été déclaré putrescible.

Nous noterons enfin que l'alcalinité diminue toujours dans

de très fortes proportions, nous avons déjà signalé que ce fait était l'indice de la bonne marche de l'épuration.

Les effluents entraînent toujours des matières en suspension (*films des Anglais*) qui sont en quantité extrêmement variable suivant les jours, comme on peut s'en rendre compte par les analyses (tableau I). M. Degoix, ingénieur constructeur de la station, recherche des dispositifs de décantation des eaux avant leur rejet au canal pour retenir ces matières.

Les résultats ont dépassé de beaucoup ceux que nous espérions. Nous avions craint que, par suite de la concentration très forte de ces eaux et de leur composition toute spéciale, les microbes ne puissent produire une oxydation suffisante pour que les effluents soient imputrescibles, seul but cherché. L'expérience a montré que nos craintes n'étaient pas fondées et que l'épuration des eaux résiduaires d'abattoirs peut être réalisée en employant les méthodes biologiques. Nous avons vu plus haut que, du moins pendant les périodes d'analyses, le volume moyen d'eau, traité sur les 1 200 mètres carrés de lits bactériens, a été de 737 mètres cubes. Si ce volume avait été réparti sur la journée complète de 24 heures, le taux de traitement aurait été de 614 litres par mètre carré de lit bactérien; mais, comme l'épuration s'effectue en 14 heures, on peut penser pouvoir épurer 1 260 litres par journée complète.

Nous devons donc conclure que les eaux d'égout de Lille peuvent être épurées facilement par les méthodes biologiques artificielles, car nous avons, d'une part, l'expérience d'eaux ménagères et industrielles de la commune limitrophe de La Madeleine et, d'autre part, celle des eaux les plus polluées que la Ville rejette actuellement dans la Deule : celles du quartier de l'Abattoir.

Épuration biologique des eaux d'égout de la ville de Toulon.

Nous avons donné, dans le volume précédent [1], la description de la station de Lagoubran, composée de fosses septiques et de lits bactériens à double contact.

Les moyennes des résultats d'analyses effectuées par M. de Baudéan, chef du laboratoire de la station, rapportées dans le tableau ci-contre, montrent que l'épuration des eaux d'égout de Toulon a été très satisfaisante pendant la période de juillet 1910 à septembre 1911. Quelques réclamations ont

Toulon. (Station d'épuration de Lagoubran.)

Moyennes mensuelles en milligr. par litre.

EB — Eau brute.
FS — Effluent des fosses septiques.
1 C — Effluent des lits bactériens, 1er contact.
2 C — Effluent des lits bactériens, 2e contact.

	OXYGÈNE ABSORBÉ EN 4 HEURES				OXYGÈNE ABSORBÉ EN 5 MINUTES — AVANT INCUBATION		OXYGÈNE ABSORBÉ EN 5 MINUTES — APRÈS INCUBATION	AMMONIAQUE				NITRATES	
	EB	FS	1C	2C	1C	2C	2C	EB	FS	1C	2C	1C	2C
1910 Juillet. . . .	»	68	20	12	15,5	3,4	2,9	»	74	58	39	10,7	44
Août	»	110	46	17	22,0	4,6	5,5	»	74	71	45	35,0	65
Septembre .	»	129	44	17	17,0	4,5	5,5	»	82	65	50	19,0	64
Octobre. . .	60	100	26	12	9,5	3,2	2,5	99	80	64	47	15,0	51
Novembre .	41	74	15	8	6,8	2,4	1,9	88	99	56	45	15,0	56
Décembre .	41	74	12	7	5,4	2,2	1,7	80	60	49	39	15,0	59
1911 Janvier. . .	46	70	14	7	5,2	2,5	1,8	81	65	51	40	15,0	68
Février. . .	46	67	16	9	5,1	2,5	2,1	82	68	57	46	15,0	60
Mars	40	59	17	8	8,0	2,9	2,5	80	68	55	44	16,0	55
Avril	34	58	27	8	12,0	3,0	2,7	76	65	55	45	21,0	70
Mai.	46	59	18	11	5,8	3,5	2,7	85	67	54	48	15,0	64
Juin	61	75	25	11	7,9	2,7	2,5	87	74	58	51	14,0	69
Juillet . . .	49	119	36	17	14,0	3,8	3,7	87	77	66	56	15,0	52
Août	49	162	49	18	28,6	5,0	5,0	76	94	76	64	15,0	75
Septembre .	85	122	25	18	8,8	4,1	3,7	70,9	79	64	58	17,0	75
Moyenne annuelle d'octobre 1910 à septembre 1911..	58,25	86,25	23,1	11,1	12,1	3,5	3,0	84,1	74,5	58,7	48,4	16,5	61,4

(1) Ces *Recherches*, 6e volume, page 40.

cependant été formulées par des voisins de la station ; elles ont été examinées par une Commission nommée par le Conseil supérieur d'Hygiène, dont nous donnons plus loin le rapport.

Les moyennes mensuelles ont été rapportées sur des graphiques dont l'examen suggère quelques observations.

Les matières organiques, évaluées par la quantité d'oxygène emprunté au permanganate en 4 heures, ont varié, dans de fortes proportions, avec les maxima en août ou septembre et le minimum en avril. En règle générale, la quantité d'oxygène absorbée par l'effluent des fosses septiques est toujours plus importante, et quelquefois en énorme proportion, que par l'eau brute. Ceci montre l'activité des fermentations dans les fosses septiques, activité qui s'accroît surtout pendant l'été. L'effluent du lit bactérien de premier contact présente presque exactement les mêmes variations que celui des fosses septiques. Ces variations sont, par contre, très atténuées pour l'effluent du lit bactérien de deuxième contact.

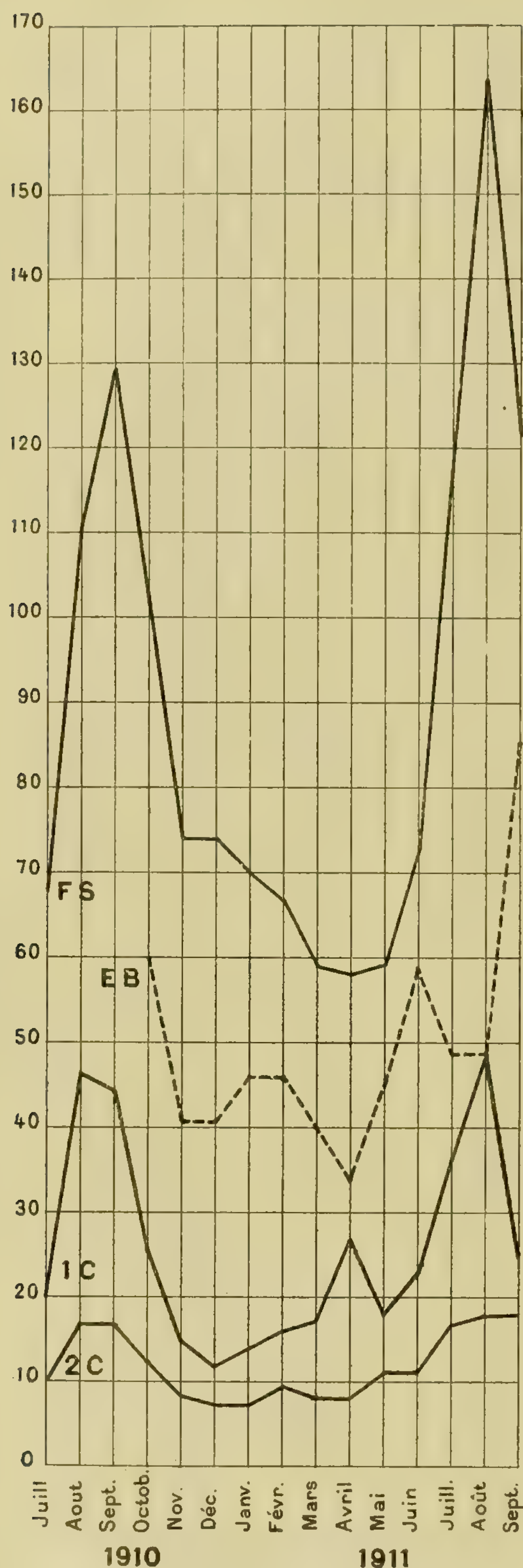
Les coefficients d'épuration, calculés sur la moyenne annuelle, sont, pour l'oxygène absorbé en 4 heures :

	RAPPORTÉS A	
	Eau brute.	Effluent des fosses septiques.
	—	—
Lits de 1er contact.	60,4 0/0	73,2 0/0
— 2e —	80,9 0/0	87,1 0/0

Si on constate une très forte diminution de la matière organique après épuration, il n'en paraît pas de même pour l'ammoniaque. Fait remarquable, la quantité en est généralement plus faible dans l'effluent des fosses septiques que dans l'eau brute. On ne peut l'expliquer que par sa décomposition dans les fermentations et son dégagement à l'état d'azote gazeux. Dans les effluents des lits bactériens, les variations dans la teneur en ammoniaque sont parallèles sensiblement à celles de l'effluent des fosses septiques.

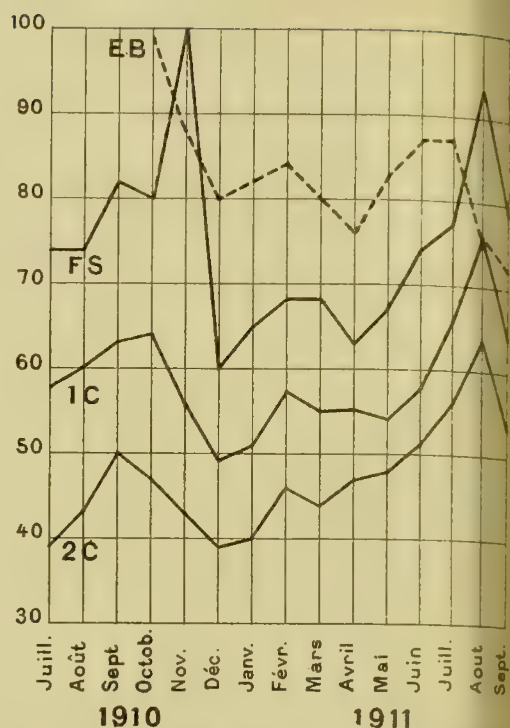
Les effluents des lits bactériens de deuxième contact ont été constamment imputrescibles, sauf pendant 3 jours en août et 1 jour en septembre 1910, bien que les nitrates fussent aussi abondants que les autres jours.

La nitrification a été très active, le taux des nitrates a varié



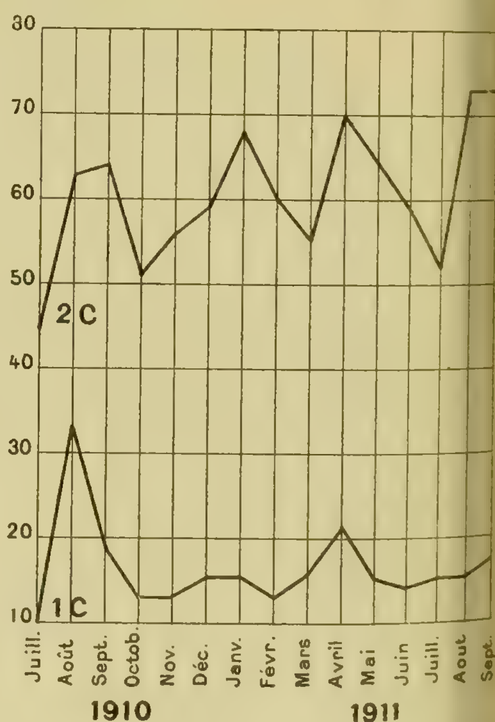
Graphique n° 11. — Station de Lagoubran, Toulon. — Oxygène absorbé en 4 heures (moyennes mensuelles).

EB eau brute.
FS effluent de la fosse septique.
1 C — du lit bactérien de 1er contact.
2 C — — 2e —



Graphique n° 12. — Station de Lagoubran, Toulon. — Ammoniaque (moyennes mensuelles).

EB eau brute.
FS effluent de la fosse septique.
1 C — du lit bactérien de 1er contact.
2 C — — 2e —



Graphique n° 13. — Station de Lagoubran, Toulon. — Nitrates (moyennes mensuelles).

1 C Effluent du lit bactérien de 1er contact.
2 C — — 2e —

pendant ces quinze mois de 2 à 48 milligrammes par litre pour le lit de premier contact, et de 14 à 160 milligrammes par litre pour les lits de deuxième contact. Les nitrites ont varié, dans les uns et les autres lits, de 0,25 à 3 milligrammes par litre.

Ces bons résultats sont d'autant plus intéressants à constater que, pendant la période considérée, le nombre des maisons raccordées a augmenté et qu'à certaines époques il y a eu pénurie d'eau à Toulon.

M. Valabrègue, concessionnaire de l'assainissement de Toulon, pense que, si toutes les matières en suspension pouvaient être retenues avant le déversement des eaux sur les lits bactériens, l'épuration serait plus parfaite et plus constante, car on éviterait ainsi le colmatage des lits bactériens qui empêche leur aération complète. Il a soumis, dans ce but, à la municipalité toulonnaise, un projet de modification de la station. En attendant, il a fait établir en face de chaque distributeur une cloison chicane en ciment armé qui permet de n'y admettre que la couche supérieure de l'eau des canaux de distribution. Cette modification a eu une influence très favorable sur la marche de l'épuration.

Rapport au Conseil supérieur d'hygiène publique de France sur l'assainissement de la ville de Toulon.

Par MM. Calmette, Bonjean et Dienert, rapporteurs.

Par lettre en date du 12 décembre 1910, M. le Ministre de l'Intérieur faisait parvenir au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France une lettre de M. Valabrègue, concessionnaire de l'assainissement de la ville de Toulon, demandant l'intervention du Conseil supérieur au sujet d'une réclamation formulée par les habitants du quartier de Lagoubran, près Toulon, qui se plaignent des émanations provenant de l'usine d'épuration des eaux usées.

Dans sa séance du 19 décembre, la première section du Conseil supérieur d'Hygiène a décidé qu'une Commission de trois

membres, composée de MM. Calmette, Bonjean et Dienert, se rendrait sur place pour examiner la station d'épuration des eaux usées de Toulon, afin de se rendre compte de son fonctionnement.

La Commission s'est rendue les 15 et 16 février 1911 à Toulon. Elle a reçu les plaintes des habitants du faubourg de Lagoubran. Elle a l'honneur de vous exposer le résultat de son enquête :

La mission qui nous a été confiée par la première section du Conseil supérieur avait pour objet d'examiner les conditions de fonctionnement de la station d'épuration des eaux de la ville de Toulon et d'établir si celle-ci réalise le programme qu'avait approuvé le Comité consultatif d'Hygiène sur la proposition de M. Brouardel en 1902.

La Ville de Toulon avait, en effet, été autorisée à traiter ses eaux par les procédés biologiques à la suite d'un rapport de M. le professeur Brouardel dont les conclusions furent approuvées par le Comité consultatif d'Hygiène publique de France le 17 février 1902.

Dans ce rapport il est dit :

« L'expérience démontrera si l'étendue prévue pour le champ d'épuration est suffisante. La Municipalité a prévu, d'ailleurs, qu'un laboratoire de chimie et de bactériologie sera établi dans l'usine. Elle accepte d'avance le contrôle permanent, dans ce laboratoire, d'un agent et d'une Commission nommée par le Préfet maritime. Il est bien entendu qu'en cas de divergence entre la Commission de contrôle et la Municipalité, la question serait portée devant le Comité consultatif d'Hygiène publique de France. »

En l'état actuel, un différend s'est élevé entre le concessionnaire et la Municipalité, en ce qui concerne le fonctionnement de la station d'épuration et les améliorations à y apporter. Le Conseil supérieur d'Hygiène publique de France est donc compétent pour trancher ce différend.

La station d'épuration des eaux usées de Toulon est construite en vue de l'épuration de 12 000 mètres cubes d'eau d'égout en 24 heures. Actuellement, elle n'en épure que 8 000 environ, les 3/4 des maisons seulement étant raccordées au tout à l'égout. Il reste à relier 1 800 maisons sur 5 000. La

canalisation d'eau d'égout est du système séparatif. On a donc à épurer des eaux fécales concentrées.

L'installation se compose d'une fosse septique couverte, précédée d'une chambre à sable de très petite dimension. La fosse septique est très vaste; elle se compose en réalité de trois fosses septiques, communiquant en séries et placées parallèlement les unes aux autres. L'eau parcourt ces trois fosses en décrivant un S et sort de la fosse septique en tombant en cascade pour être ensuite répartie sur les lits de premier contact. Le remplissage des lits et leur vidange se font automatiquement au moyen de siphons Adams. Les eaux, au sortir de la fosse septique, sont fortement colorées et abandonnent un fin dépôt à la surface des lits de premier contact, et dans le caniveau d'amenée des eaux. On a été obligé, pour éviter un colmatage trop rapide, de ne faire arriver les eaux que sur une partie de la surface des lits. Quand cette partie est colmatée, les eaux sont renvoyées sur l'autre partie et, pendant ce temps, on gratte la surface colmatée. Le remplissage se fait en une heure; le lit de contact reste rempli pendant deux heures; puis on le vide pendant une heure et il reste vide pendant environ 4 à 8 heures. Les lits sont formés de calcaires et de scories. Le Conseil supérieur d'Hygiène a autorisé la Ville de Toulon à faire usage du calcaire pour constituer ses lits de contact, le concessionnaire trouvant difficilement des scories dans la région.

Au sortir des lits de premier contact, les eaux sont dirigées vers les lits de deuxième contact dans le but de compléter leur épuration. Au sortir de ces derniers, les eaux d'égout sont épurées, mais, à chaque vidange, elles laissent diffuser dans l'air une odeur alliacée de marée et elles sont légèrement colorées en jaune. L'installation de Lagoubran ayant été décidée en 1902, au moment où les essais d'épuration biologique commençaient en France, ne peut pas être considérée comme un parfait modèle d'installation de ce genre. Toutefois, votre Commission a constaté qu'au premier aspect ces eaux n'ont plus l'apparence ni l'odeur d'eaux d'égout. Elles sont assez limpides, ne contiennent plus de matières en suspension facilement déposables, *et peuvent être évacuées à la rivière.* Nous reviendrons sur cette question par la suite.

Votre Commission a reçu les doléances des habitants et de la Municipalité à la Sous-Préfecture, dans la matinée du 16 février 1911. Elle peut les résumer ainsi qu'il suit :

La station d'épuration des eaux usées de Toulon :

1° Dégagerait des odeurs nauséabondes rendant insalubre l'air de Lagoubran et ses environs;

2° Enverrait subrepticement à la rivière Neuve des eaux d'égout sans lui faire subir d'épuration, et cela principalement la nuit.

Enfin, comme question subsidiaire, la Municipalité a demandé si le concessionnaire est fondé à refuser l'envoi des eaux usées des usines, en particulier de l'usine à gaz et de l'abattoir, et si l'adjonction de celles-ci peut nuire à l'épuration des eaux d'égout.

A ces doléances le concessionnaire répond :

1° Qu'il a présenté à la Municipalité un projet destiné, sinon à supprimer, tout au moins à diminuer dans une très grande mesure le dégagement des odeurs provenant de cette station, mais qu'il n'a reçu à ce sujet aucune réponse;

2° Que l'accusation relative au rejet dans la rivière Neuve d'eaux d'égout non épurées ne repose sur aucun fondement. En 1909, lors de l'essai des machines, de tels envois ont bien été faits, mais depuis cette époque la station aurait fonctionné normalement et toutes les eaux seraient passées par les lits de contact.

Quant à la question des eaux résiduaires des usines, M. Valabrègue répond qu'aux termes de sa convention avec la Ville il ne doit recevoir que les eaux ménagères et les vidanges. Il fait observer qu'il accepte cependant une partie des eaux de l'abattoir (celles de la triperie) et que, s'il refuse, pour diverses raisons, à recevoir les eaux résiduaires de l'usine à gaz, celle-ci, de son côté, refuse également à se raccorder au réseau d'égouts.

Qu'y a-t-il de fondé dans ces plaintes?

Voici les résultats de notre enquête faite sur place :

Dans la fosse septique fermée, l'air qui se dégage sent surtout l'odeur des marais. La chambre à sables de l'installation est trop petite; l'eau admise dans la fosse septique s'y décante abondamment, surtout dans la moitié du premier

compartiment. Il y a 1 m. 50 de dépôt au fond et un chapeau très ferme de même épaisseur environ. Ce compartiment n'a jamais été curé, il devra l'être très prochainement. Dans les autres compartiments l'odeur des gaz est analogue ; les dépôts y sont peu abondants. Le dégagement des gaz odorants se fait à la sortie de la fosse septique, quand les eaux usées tombent en cascade, facilitant ainsi le départ des gaz.

Il avait échappé aux auteurs concessionnaires, au rapporteur du projet devant le Comité Consultatif d'Hygiène et n'était pas signalé dans les installations anglaises. Il semble bien qu'on ne peut pas éviter ce dégagement d'odeurs, et si l'on juge nécessaire de le supprimer ou de le restreindre, ce ne peut être qu'au prix de dépenses supplémentaires non prévues qui, à notre avis, représentent une addition au projet rapporté par M. le professeur Brouardel en 1902.

Dans son projet, l'auteur avait prévu que les gaz de la fosse septique seraient aspirés par une grande cheminée, et passant au préalable dans un four où ils seraient brûlés. M. Valabrègue nous a fait connaître que ce four n'avait jamais fonctionné, parce que, à la suite d'accidents survenus en Angleterre, il craignait des retours de flammes et des explosions. Il faut remarquer en outre que, dans le projet approuvé primitivement, la combustion des gaz produits à l'*intérieur* de la fosse septique avait seule été prévue. Or, alors même que celle-ci eût été réalisée, elle n'aurait en aucune manière diminué les odeurs provenant des gaz (beaucoup plus abondants) qui se diffusent dans l'atmosphère au moment de la chute en cascade des eaux sortant de la fosse septique.

Nous indiquerons par la suite le remède que préconise M. Valabrègue pour atténuer les odeurs. Le dégagement de celles-ci ne fait l'ombre d'aucun doute, et à cet égard les plaintes des riverains paraissent fondées. Lors de notre passage il régnait un peu de vent venant de la mer. Il semble évident que, par temps calme et lorsqu'il y a des brouillards, les gaz s'accumulent dans la partie basse de l'atmosphère et sont désagréables à respirer.

Le concessionnaire nous a fait remarquer que les eaux sortant de la fosse septique laissent dans les caniveaux qui les conduisent aux lits de premier contact un dépôt noirâtre.

On est obligé de curer ces caniveaux et les eaux de ces curages sont dirigées de part et d'autre de l'installation dans deux fossés latéraux en maçonnerie non étanche, situés en contre-bas des lits bactériens. Les matières en suspension s'y déposent et l'eau s'infiltre dans le sol ou s'évapore. Le dépôt que nous avons eu à examiner n'avait aucune odeur. Il est enlevé pour être transporté dans des champs appartenant au concessionnaire.

La Municipalité et les habitants du voisinage prétendent que c'est par ces fossés latéraux que le concessionnaire évacue, la nuit, les eaux d'égout non épurées vers la rivière Neuve. Il a certainement existé par ces fossés une communication entre les eaux de la fosse septique et le canal d'évacuation des eaux usées à la rivière. Mais le concessionnaire a récemment fait murer l'extrémité aval de ces ouvrages qu'il se propose de supprimer, si la Ville de Toulon accepte ses propositions d'améliorations. Le vœu émis à ce sujet par la Commission sanitaire de Toulon sera donc réalisé.

La preuve réelle des déversements clandestins n'a d'ailleurs pas été faite. Personne ne s'est avisé de prélever des échantillons des eaux déversées par l'usine d'épuration, la nuit, alors qu'un tel déversement était soupçonné. On nous a parlé d'un constat du garde champêtre, mais il nous a été impossible de l'obtenir. On nous a donné comme argument soit l'augmentation du débit de ces eaux au débouché de la conduite sur la rivière Neuve, soit l'augmentation des odeurs, la nuit. Le premier argument nous paraît peu soutenable *à priori* et semblerait même contraire aux intérêts du concessionnaire; les déversements ne pourraient se faire qu'au sortir de la fosse septique, mais toujours avec un débit régulier pour ne pas troubler le travail de cette dernière, sans vider en partie la fosse septique, c'est-à-dire sans nuire au travail de celle-ci. Ce débit ne serait augmenté, la nuit, qu'en restreignant le pompage d'eau d'égout, le jour, et en accélérant le travail des pompes la nuit. Comme nous n'avons aucune preuve de cette hypothèse, nous sommes obligés d'être très réservés sur ce point, et dans nos conclusions nous demanderons l'installation d'appareils destinés à mesurer le débit des eaux d'égout qui entrent dans cette installation et qui en sortent, afin

de pouvoir contrôler sa marche. Quant au second argument, il peut être trompeur. L'air humide de la nuit retient plus facilement les odeurs sulfhydriques que l'air plus sec du jour, et cette augmentation d'odeurs peut ne pas tenir aux déversements d'eau non épurée. En parcourant la rivière Neuve tout le long de son trajet, nous y avons trouvé un développement abondant d'algues vertes, mais notre attention n'a pas été attirée sur des dépôts de vases noires, que les déversements d'eau de la fosse septique auraient dû apporter. En résumé, en ce qui concerne les odeurs, les plaintes des riverains sont fondées ; mais, en ce qui concerne les déversements clandestins d'eaux non épurées faits actuellement, aucune preuve formelle ne nous a été fournie pour nous prononcer. Nous reconnaissons cependant qu'il est indispensable que le concessionnaire puisse supprimer, dans le plus bref délai possible, ces fossés latéraux qui laissent soupçonner la possibilité de déversements directs à la rivière d'eaux non épurées. Pour cela, il faut que la Ville mette à sa disposition des moyens d'évacuer ses boues sur un terrain convenable par une canalisation appropriée, souterraine et étanche, fonctionnant soit par déclivité naturelle, soit par un moyen mécanique (vide ou air comprimé) de manière à éviter toutes manipulations et dégagements d'odeurs.

Il reste un point à examiner : la station de Lagoubran épure-t-elle les eaux d'égout? Pour nous en rendre compte, nous n'avons que des analyses, faites d'ailleurs avec beaucoup de soin par le chimiste du concessionnaire dans un laboratoire fort bien outillé, et un rapport du 22 avril 1910 de l'ingénieur des Ponts et Chaussées, M. Moreau. Ce dernier dit dans son rapport : « Il semble, en effet, que, de jour, l'épuration de l'eau est satisfaisante. Ni la Marine, ni le bureau d'Hygiène, qui ont le contrôle de l'épuration, n'ont jamais protesté à notre connaissance. Nous avons visité le laboratoire à plusieurs reprises, et nous avons toujours constaté que l'eau sortant des lits de deuxième contact était limpide, qu'elle ne se troublait ni se corrompait après un séjour de 8 jours à l'étuve ; enfin que les matières organiques s'y trouvaient en quantité très faible comparativement à l'eau brute. Par conséquent c'est seulement le déversement clandestin d'eau brute qu'il s'agit de combattre. »

M. Moreau parle dans son rapport du contrôle de la Marine et du bureau d'Hygiène. L'un et l'autre de ces contrôles n'ont jamais existé, quoique prévus. Il est très regrettable que l'Administration de la Marine et la Municipalité se soient désintéressées d'une façon aussi grande du contrôle de cette station d'épuration. Nous vous proposons à cet effet d'émettre le vœu qu'un contrôle soit exercé dans le plus bref délai possible par les administrations intéressées.

Si on consulte les résultats des analyses faites par M. de Baudéan, chimiste du concessionnaire, on constate que les eaux à épurer sont très riches en sel marin. L'explication nous a été donnée par M. Valabrègue. Les tuyaux collecteurs des égouts sont en poterie, et ont de nombreux joints. Une partie de ceux-ci baignent dans la nappe formée d'eau de mer. L'étanchéité des joints est loin d'être parfaite et, en pompant les eaux d'égout, on attire également des eaux de la nappe. Le concessionnaire estime qu'il pompe ainsi 2000 mètres cubes d'eau par jour provenant des rentrées d'eau par des joints défectueux.

Ce sel marin a-t-il une influence sur l'épuration? Les résultats trouvés par M. de Baudéan et ceux obtenus par M. Bonjean, qui est resté le 17 février spécialement pour contrôler ces analyses, ont donné les résultats suivants :

(Les rapporteurs donnent ici le relevé des analyses faites en juillet 1910, janvier et février 1911) [1].

L'eau de la mer Méditerranée renferme environ 40^{gr},700 par litre de sels minéraux fixes parmi lesquels environ 34^{gr},7 de chlorures ($Cl = 21,09$).

Les eaux résiduaires de Toulon arrivant à la station de Lagoubran lors de nos analyses renfermaient environ 17,7 pour 100 d'eau de mer apportant par litre d'eau résiduaire environ 7^{gr},200 de sels minéraux fixes, dont environ 6 grammes de chlorure de sodium.

Il est impossible de savoir quelle est la part de matière organique qui revient à ces apports, mais il est vraisemblable d'admettre qu'elle est négligeable par rapport à celle des eaux résiduaires de la ville.

[1] Voir page 128.

En tout cas, en raison de ce fait, il est impossible d'évaluer d'après les déterminations analytiques les proportions d'urine et de matière fécale entrant dans la composition de l'eau résiduaire de Toulon.

Nous concluons donc que les eaux sortant de la station d'épuration sont suffisamment épurées pour être admises à la rivière Neuve, attendu surtout que les eaux de cette dernière ne sont pas utilisées en aval du point de déversement situé tout près de l'embouchure en rade.

Le concessionnaire nous a déclaré verbalement devoir proposer à la Ville de Toulon les modifications suivantes pour l'amélioration de cette station d'épuration :

a) Installation d'un décanteur à l'arrivée des eaux usées et d'un autre décanteur à la sortie des fosses septiques, avec tous les dispositifs nécessaires pour l'évacuation facile et rapide des dépôts formés. Les terres évacuées seraient envoyées dans des tranchées creusées dans un champ où elles se déposeraient, tandis que les eaux s'infiltreraient dans le sol ou bien seraient traitées par tout autre procédé. L'entrée des fosses septiques sera élargie pour éviter les entraînements dus à la vitesse de l'eau et le premier compartiment de celles-ci sera découvert et muni d'une drague pour en permettre le curage facile.

b) Installation d'un ventilateur à la sortie des fosses septiques, là où les eaux tombent en cascade et donnent de mauvaises odeurs. Le canal où se fait cette chute serait couvert. Le courant d'air formé par le ventilateur électrique serait entraîné dans la grande cheminée de 25 mètres de hauteur prévue lors de la construction pour l'évacuation des gaz brûlés provenant de la fosse septique. Le four à brûler ces gaz continuerait à ne pas fonctionner.

c) Prolongement de la canalisation d'évacuation des eaux épurées jusqu'à la mer.

Nous ne pouvons que donner notre entière approbation aux propositions d'agrandissement de la fosse à sable, de construction de décanteurs et de canaux assurant l'évacuation directe des boues par une canalisation spéciale, fermée et étanche, sur terrain approprié à leur enfouissement immédiat. Il y aura seulement lieu de veiller à ce qu'en aucun cas cette canalisa-

tion réservée aux boues ne puisse déboucher dans la rivière Neuve. Elle ne devra donc être pourvue d'aucune vanne permettant d'effectuer de tels déversements.

Il s'agit assurément là d'un perfectionnement important à apporter aux dispositions prévues dans le projet primitif. Il est infiniment désirable que la municipalité de Toulon décide de l'adopter, bien qu'il entraîne forcément un supplément de dépenses. Mais celles-ci seront rapidement compensées par les résultats plus parfaits du travail d'épuration et par les avantages résultant du déversement de l'eau épurée à l'embouchure de la rivière Neuve, par une canalisation fermée et étanche, supprimant tout dégagement possible d'odeurs marécageuses dans l'atmosphère.

En ce qui concerne la suppression des gaz malodorants provenant des fosses septiques par le ventilateur, les soussignés ne peuvent donner un avis au sujet de sa parfaite efficacité. Il appartient à la municipalité de Toulon de rechercher, d'accord avec le concessionnaire, parmi les moyens scientifiquement connus, le procédé le plus efficace et le plus économique pour neutraliser ou absorber et évacuer les odeurs qui se dégagent de la fosse septique de manière à éviter leurs inconvénients pour les habitants du voisinage de la station. Il semble qu'un résultat satisfaisant pourrait être atteint à peu de frais en modifiant le dispositif actuel d'évacuation des gaz de manière à faire barboter ces derniers, avant leur évacuation au dehors, dans une sorte de tour de Gay-Lussac garnie de cailloux imprégnés d'une solution de chlorure de chaux. Votre Commission ne peut que se borner à fournir cette indication.

Pour éviter toute contestation au sujet des quantités d'eau épurées par le concessionnaire, il nous paraît indispensable qu'il soit placé des appareils enregistreurs de débits à l'entrée de la fosse septique et à la sortie des lits de contact. De tels appareils permettront un contrôle régulier de la marche de l'installation.

Il est désirable que le concessionnaire soit mis en mesure de recevoir toutes les eaux résiduaires de la ville de Toulon. Il reçoit déjà les eaux usées de deux tanneries ; les eaux usées des usines à gaz, après destruction, si cela est nécessaire, des

sulfocyanates par le chlorure de chaux, n'apporteraient aucun trouble au bon fonctionnement de l'épuration biologique.

L'article 10 § 2 du règlement relatif à l'assainissement de la ville de Toulon est ainsi conçu :

« Les eaux d'usines ainsi que les eaux et les vidanges des hôpitaux ne pourront être admises dans les égouts que sur autorisation spéciale, tout autant qu'elles ne pourront nuire aux canalisations, aux ouvrages d'art et aux pompes, et qu'elles n'entraveront pas l'épuration bactérienne. »

Dans une ville comme Toulon, le réseau d'égouts doit pouvoir recevoir toutes les eaux résiduaires, quelles qu'elles soient. Moyennant certaines précautions, le concessionnaire ne nous semble pas fondé à refuser l'admission des eaux des usines en vertu de l'article 10 de ce règlement, d'autant que le prix de redevance des frais d'exploitation lui est payé d'après le volume des eaux débitées par les égouts et qu'il ne subit, de ce fait, aucun dommage.

En résumé, en ce qui concerne la station d'épuration des eaux usées de Toulon, votre Commission propose, à la première section du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France, d'émettre le vœu suivant :

Il y a lieu d'inviter la Ville de Toulon à examiner les voies et moyens pour améliorer sa station d'épuration en tenant compte des perfectionnements scientifiques récemment introduits dans cette branche du génie sanitaire, de manière à assurer la *séparation*, l'*évacuation* et l'*enfouissement* ou le *traitement rapide des boues avant et après leur fermentation septique*; de manière à supprimer la dissémination d'odeurs méphitiques dans l'atmosphère au voisinage de la station de Lagoubran ; de manière enfin à rendre les résultats d'épuration aussi parfaits que possible.

Ce triple but peut être atteint par l'adoption de dispositifs relativement peu coûteux tels que :

a) Établissement, à l'entrée du premier compartiment de la fosse septique, d'un bassin de décantation retenant 85 pour 100 environ des corps lourds en suspension dans l'eau et les graisses.

b) Construction, au voisinage de la fosse septique ou à la sortie de celle-ci, d'un appareil destiné à retenir les particules

solides en suspension dans l'effluent et susceptibles de colmater les lits bactériens de premier contact ;

c) Suppression des canaux latéraux actuellement utilisés pour la décantation des boues ;

d) Couverture de tous les caniveaux dans lesquels se déverse l'eau sortant des fosses septiques ainsi que ceux dans lesquels circule l'eau épurée sortant des lits de premier et de deuxième contact ;

e) Évacuation directe de cette eau épurée par un canal fermé et étanche jusqu'à l'embouchure de la rivière Neuve ;

f) Aménagement d'un terrain convenable pour l'enfouissement en tranchées des boues provenant des décanteurs et évacuation de ces boues par canalisation souterraine et étanche, jusqu'au lieu d'enfouissement ou de traitement par un procédé quelconque.

g) Étude et choix d'un dispositif permettant d'absorber ou de diluer convenablement les gaz malodorants provenant du déversoir et de la fosse septique, de telle sorte que ces gaz ne soient plus perceptibles à une centaine de mètres de la station d'épuration, quelles que soient la direction et l'intensité des vents.

h) Installation d'instruments enregistreurs permettant de mesurer les débits d'eaux d'égout à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

En terminant ce rapport, votre Commission tient à déclarer que le fonctionnement de la station d'épuration de *Lagoubran* fournit des résultats aussi satisfaisants qu'on pouvait le désirer dans les conditions où elle fut établie conformément au projet approuvé en 1902 par le Comité consultatif d'hygiène sur le rapport de M. le professeur Brouardel.

Les perfectionnements indiqués ci-dessus ne sont donc point imposés par des malfaçons ou des erreurs ; il est seulement désirable qu'ils soient réalisés pour donner satisfaction aux habitants d'un quartier déjà suffisamment déshérité par suite du voisinage d'un cimetière, d'un dépotoir, d'une usine à incinération des ordures ménagères et de quelques autres industries au moins incommodes.

Ils permettront vraisemblablement d'atténuer dans une très large mesure les inconvénients dont se plaignent les riverains,

Épuration des eaux résiduaires du " Tout à l'égout " de Toulon, à la station de Lagoubran.

Analyses de M. E. Bonjean.

Prélèvements effectués les 17 et 18 février 1911.

BEAU TEMPS. — PÉRIODE NON PLUVIEUSE

Résultats en milligrammes et rapportés à un litre d'eau.

	EAU BRUTE ARRIVANT A LA STATION D'ÉPURATION	EFFLUENT SORTANT DE LA FOSSE SEPTIQUE	EFFLUENT SORTANT DU 1er LIT DE CONTACT	EFFLUENT FINAL SORTANT DU 2e LIT DE CONTACT DÉVERSÉ DANS LA RIVIÈRE
Aspect, transparence, couleur, odeur	"	"	"	Sous 50 cm. d'épaisseur, limite de la transparence, coloration brune, faible dépôt organique aggloméré, odeur alliacée aigrelette.
Quantité d'iode absorbée (Test Bonjean) sur place en I	36	314	46	16
Nitrites sur place	traces	0	0	quantité notable.
Nitrates fixés sur place en AzO^3H.	0	0	traces	début = 13,2; milieu = 17,1; fin = 61,1
Azote total fixé sur place en AzH^3.	115	62	53	33
Azote ammoniacal fixé sur place en AzH^3	87	"	47	début = 32,5; milieu = 37,4; fin = 9,5
Azote organique en AzH^3 (par différence)	28	"	6	"
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation	"	"	"	12,4
après incubation	"	"	"	10,8
Évaluation de la matière organique (Procédé du laboratoire du Conseil supérieur d'hygiène publique) :				
en oxygène — solution acide	"	"	"	14,5
en oxygène — solution alcaline	"	"	"	5,5
en acide oxalique $C^2O^4H^2 2H^2O$ — solution acide	"	"	"	114,3
en acide oxalique $C^2O^4H^2 2H^2O$ — solution alcaline	"	"	"	13,5
Chlore, en Cl	3763	3739	3763	3739
Chlorure de sodium correspondant, en NaCl	6200	6160	6200	6160
Matières en suspension	"	"	"	Traces, moins de 5 milligrammes.
Alcalimétrie totale en CO^3Ca.	"	"	"	524

en attendant que la population croissante toulonnaise et le périmètre de la ville permette dans un avenir encore lointain d'envisager la possibilité de la construction — actuellement irréalisable parce que trop coûteuse — d'un canal assurant l'évacuation directe en pleine mer, au cap Sicié, des eaux du tout à l'égout des villes de Toulon et de La Seyne, syndiquées avec les communes voisines pour la réalisation de cette œuvre d'assainissement.

Nous proposons enfin à la première section du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France d'affirmer la nécessité d'assurer, dans le plus bref délai possible, le contrôle permanent, chimique et bactériologique, de cette installation par la Municipalité de Toulon et par le département de la Marine, tel qu'il avait été prévu au projet approuvé en 1902 par le Comité Consultatif.

Conclusions adoptées par le Conseil supérieur d'Hygiène dans sa première section le 24 avril 1911.

CHAPITRE VI

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT EN GRANDE-BRETAGNE

Septième rapport de la Commission royale anglaise pour l'étude des procédés d'épuration des eaux d'égout et des eaux résiduaires industrielles. — Février 1911. Londres, Wyman and Sons.

La Commission royale anglaise a été appelée par le Local Government Board d'Irlande à s'occuper d'une question toute spéciale, intéressant la ville de Belfast, dont le port est encombré d'herbes marines que le professeur Letts reconnut en 1902 être composées principalement d'*Ulva latissima* ou laitue de mer. La nuisance très sérieuse produite à Belfast se retrouvait à un bien moindre degré en d'autres endroits, comme dans la baie de Dudlin, et le professeur Letts émit l'avis que les cultures luxuriantes d'Ulva étaient en relation directe avec la pollution de la mer par les eaux d'égout. Le développement de ces plantes s'est accru en proportion de l'augmentation de la population de Belfast, surtout depuis que cette ville a été pourvue d'un réseau d'égouts dont l'émissaire débouche en mer dans la baie. La nuisance provient du dégagement d'hydrogène sulfuré produit par la décomposition des plantes mortes au fond de la mer, ce qui s'explique par la haute teneur en soufre des Ulva : plus de 4 pour 100 de la matière sèche.

Les conclusions du rapport, en ce qui concerne Belfast, sont les suivantes :

1° Sans tenir compte de la question des Ulva, nous pensons qu'il est essentiel, pour prévenir l'envasement du chenal et la désoxygénation de l'eau, de ne rejeter les eaux d'égout en

mer qu'après les avoir débarrassées des matières en suspension; les travaux devront être entrepris sans délai;

2° Le déversement se fera sur la côte nord, et non sur la côte sud comme il avait été proposé;

3° Le déversoir actuel sera remplacé par un conduit étanche ou par des tuyaux en acier;

4° Il sera prévu un bassin d'emmagasinement des eaux, d'une capacité égale à trois fois au moins le débit des égouts par temps sec et par jour, pour pouvoir limiter le déversement aux trois et demi premières heures du reflux;

5° Autant que possible, les eaux d'orages ne seront pas déversées sans décantation;

6° Si la décantation est réalisée, on ne recommande pas d'effectuer l'épuration des eaux d'égout de Belfast. Il ne paraît pas douteux qu'une installation d'épuration permettrait de réduire la prolifération des Ulva; mais, au regard des conditions physiques existantes qui la favorisent, des autres causes de pollution qu'on ne peut éviter même avec cette épuration et de la facilité avec laquelle ces plantes se reproduisent, quand les circonstances sont favorables, dans l'eau de mer non polluée par les eaux d'égout, il est impossible de prédire que la diminution de culture serait suffisante pour éviter toute nuisance;

7° Puisque la principale pépinière des Ulva se trouve à la partie sud du vieux chenal de l'embouchure du Connswater à Holywood, où les conditions topographiques sont singulièrement favorables à la culture de ces plantes, nous croyons que la transformation de cet espace serait la seule méthode certaine de supprimer la nuisance et de prévenir son retour;

8° Pendant ce travail, l'enlèvement des bancs de moules à cet endroit réduirait les facilités d'accrochage et, par conséquent, le développement des Ulva;

9° Le traitement des bancs d'Ulva avec le sulfate de cuivre pourrait servir comme moyen supplémentaire d'arrêter et de détruire l'excessive prolifération de la plante;

10° Le système actuel d'enlèvement des plantes amoncelées sur la côte sud du Lough a permis de réduire la nuisance; mais nous pensons qu'il peut être amélioré;

11° En étendant les plantes pour les dessécher à l'air, on

en faciliterait l'enlèvement lorsqu'on voudrait les utiliser comme engrais pour l'azote qu'elles renferment;

12° On peut en retirer avec bénéfice du sulfate d'ammoniaque et d'autres produits, mais une telle industrie serait incompatible avec les mesures à prendre pour éviter la prolifération des Ulva.

Conclusion générale. — Les conclusions précédentes, ayant principalement en vue les conditions locales de Belfast, ne sont pas nécessairement applicables partout où on aura constaté une nuisance provenant des Ulva. Il est probable que dans d'autres cas quelques-unes des mesures proposées seront efficaces, mais, pendant la durée de l'enquête, il n'a pas été possible d'étudier les conditions des autres localités aussi soigneusement que pour Belfast; chaque cas devra être considéré à part et les problèmes et leurs solutions seront très différents suivant les circonstances.

Épuration des eaux d'égout aux environs de Londres.

A la suite d'un voyage en Angleterre, M. Ogden, professeur de génie sanitaire à l'Université Cornell (U. S. A), a publié [1] ses observations faites au cours de ses visites de quelques stations d'épuration aux environs de Londres.

Il constate d'abord que les eaux d'égout sont deux ou trois fois plus polluées en Angleterre qu'en Amérique. Le volume par habitant et par jour varie de 90 à 155 litres, provenant presque toujours d'égouts du système séparatif. De plus, les exigences des autorités sanitaires sont très strictes et il pense que l'épuration pourrait sans inconvénient être poussée moins loin.

Pour les fosses septiques, il est maintenant reconnu que les premières affirmations de Cameron ne se sont pas vérifiées et que la moitié seulement des boues qui s'y déposent disparaissent : le reste doit en être extrait. Quant au mauvais effet de l'action septique que subissent les eaux pour l'épuration,

(1) *Engineering Record*, 6 août 1910, p. 147.

on ne l'a pas nettement démontré, quoique le Massachusetts State Board of Health et le Dr Dunbar aient attiré l'attention sur ce fait. Les premiers auteurs anglais avaient bien séparé les deux fermentations, l'une anaérobie en fosse septique, l'autre aérobie dans les lits bactériens. En pratique, cette séparation ne semble pas nécessaire, et la plupart des directeurs de station, interrogés à ce sujet, pensent qu'on peut obtenir de meilleurs résultats d'épuration avec des eaux d'égout n'ayant pas subi d'action septique.

Il est cependant indispensable d'éliminer des eaux brutes la plus grande proportion possible des matières en suspension avant de les distribuer sur les lits bactériens. Dans certaines stations, un traitement chimique précipite ces matières ; dans d'autres, on les arrête par des grilles fines de 1mm,5 d'écartement des barreaux. On admet généralement qu'on doit employer des bassins assez grands pour obtenir la meilleure décantation possible sans action septique.

De ce principe découle l'usage des fosses Dortmund, au lieu de bassins rectangulaires, avec ou sans diaphragme immergé.

Lorsque, il y a dix ans, on employait la précipitation chimique, on considérait que les filtres-presses permettaient seuls de diminuer l'énorme volume de boues. Maintenant, le traitement chimique étant généralement abandonné, les boues sont écoulées dans des tranchées ou des lits où elles s'égouttent et se sèchent pour être enlevées ensuite par les cultivateurs.

Les lits d'ardoises de Dibdin sont considérés par quelques ingénieurs comme la meilleure méthode de traitement des boues. L'auteur n'accepte pas toutes les affirmations de l'inventeur et pense qu'il faut une observation plus étendue pour qu'on puisse dire qu'on n'a plus ainsi de boues à traiter.

Les lits bactériens de contact sont de plus en plus remplacés par les lits bactériens à percolation. Ces derniers seuls sont construits dans les nouvelles installations. L'avantage des lits percolateurs semble être dans le fait que leur capacité d'épuration est plus que double de celle des lits de contact, et là, comme à Sutton, où les deux sortes de lits sont

en fonctionnement, le directeur croit que, même à un plus grand taux d'alimentation, on obtient de meilleurs résultats qu'avec des lits à double contact. Cependant, à Guilford, l'effluent du troisième contact est remarquablement limpide et bien oxygéné. Mais c'est une exception, et partout on installe des lits à percolation lorsque cela devient nécessaire ou que les fonds disponibles sont suffisants. Il y a de plus une tendance marquée à réduire la grosseur des matériaux : au lieu de morceaux de 50 à 75 millimètres, on les emploie de 9 à 18 millimètres.

On a aussi modifié considérablement la profondeur des lits; au lieu de $2^m,10$ à $2^m,40$, on la réduit à $1^m,20$ et même $0^m,90$ avec de plus fins matériaux à la partie supérieure. A Croydon, par une expérience de quelques années, on s'est convaincu que l'on obtenait d'aussi bons résultats avec des lits de $0^m,90$ qu'avec ceux de $1^m,50$ de profondeur; il y a lieu cependant de remarquer que le lit le plus profond est formé de $0^m,90$ de pierres et de $0^m,60$ de scories, tandis que le moins profond est formé uniquement de scories.

On attache la plus grande importance à obtenir la plus grande aération possible dans les drains des lits. Pour les lits de contact transformés en lits à percolation, les drains ont été ouverts sur un côté et les autres communiquent avec l'air extérieur par des tuyaux verticaux placés le long des murs; en d'autres endroits, ils traversent les lits de part en part. De l'avis général, il n'y a pas intérêt à construire des murs poreux, quoique, dans beaucoup de cas, on les ait établis en pierres sèches. La majorité des lits bactériens visités par l'auteur sont circulaires, d'un diamètre variant de 18 à 30 mètres, et il semble que cette forme soit plus avantageuse pour la distribution que celle des lits rectangulaires que les distributeurs parcourent d'un bout à l'autre. Par contre, certains pensent que les lits rectangulaires permettent une distribution plus parfaite. Les lits circulaires exigent plus de surface, les lits rectangulaires demandent une force motrice auxiliaire pour faire mouvoir le distributeur. L'auteur fait remarquer que ces distributeurs mobiles ne peuvent être employés dans les pays où l'on peut craindre la formation de la glace pendant l'hiver; mais il ne paraît pas impossible

de couvrir les lits, la chaleur dégagée par les eaux d'égout pouvant y entretenir alors une température suffisante pour éviter la gelée.

Une des constructions les plus étudiées, avec murs en béton, remplissage de scories criblées et sprinkler rotatif automatique, fut établie pour 22500 francs, pouvant traiter 454 mètres cubes par jour. A Chesterfield, où, le sol étant argileux, on ne fit pas de fond en béton et où les murs furent construits avec le coke de remplissage, le prix a été de 10000 francs seulement pour traiter le même volume d'eau.

On a aussi construit des bassins de décantation dans lesquels les effluents des lits à percolation séjournent deux heures pour y abandonner les matières en suspension (films, humus). Dans un cas, on a transformé dans ce but le canal circulaire autour du lit, mais les résultats ont été moins bons qu'avec un bassin de suffisante capacité.

Il est reconnu utile de pratiquer une nouvelle filtration au sable ou au coke fin lorsqu'on désire un effluent irréprochable. A Bushey, les filtres à sable ont la même surface que les lits bactériens à percolation, la distribution est faite par des rigoles en bois ou en tôle galvanisée. Ces lits sont généralement bas : moins de 90 centimètres de profondeur.

L'auteur a été surpris de ne voir, dans aucune des nouvelles stations, employer les becs pulvérisateurs fixes. On lui a dit qu'on leur reprochait que l'humus noir qui se dépose sur les lits était entraîné par l'effluent. Mais il semble que si les becs pulvérisateurs fonctionnent avec un bassin à vidange automatique ou un papillon, comme à Baltimore, on obtiendra le même résultat qu'avec un distributeur mobile. Il est tout à fait possible que les pulvérisateurs fixes puissent fonctionner à un taux plus élevé puisque les intervalles entre les déversements seront considérablement moindres qu'avec un distributeur mobile, pour lesquels ils varient de 30 secondes à 5 minutes. Généralement les distributeurs ne s'obturent pas, les ouvertures ayant 9 millimètres. Ceci dépendrait de l'efficacité du premier traitement, et il n'est pas impossible, vu le soin des directeurs de station, d'éviter l'action septique, de le prévoir quand le criblage est le seul traitement préliminaire.

BUSHEY [1]. — L'installation construite pour l'épuration des eaux résiduaires de la ville de Bushey traite journellement 1100 mètres cubes d'eaux d'égout, provenant de 6500 habitants. Cette eau traverse d'abord une grille et se rend ensuite dans un puits décanteur, de 240 mètres cubes de capacité, où elle arrive par le bas et s'écoule par la partie supérieure. Les boues sont amenées par un racleur mû à la main vers la partie centrale du bassin où elles s'écoulent dans un puisard et de là par gravitation sur les lits de drainage. L'effluent du puits décanteur se rend dans quatre fosses septiques, contenant environ 720 mètres cubes, puis vient alimenter des lits bactériens percolateurs comprenant 4100 mètres cubes de matériaux sur une hauteur de 1^{m},50. Le chargement correspond à 0 mètre cube 27 d'eau d'égout par mètre cube de matériaux. L'eau épurée traverse encore des bassins de décantation et peut alors, à volonté, soit être évacuée dans les canaux, soit subir une purification complémentaire sur des filtres à sable. On a prévu, en outre, des bassins spéciaux pour le traitement des eaux d'orage; ces bassins renferment environ 500 mètres cubes d'eau.

FROME [2]. — La nouvelle installation de Frome comprend un réservoir qui règle l'alimentation des appareils d'épuration biologique, des fosses septiques ouvertes et des lits bactériens percolateurs à fins matériaux et à deux étages, de faible hauteur. Le travail peut se faire soit en traitant successivement les eaux sur chacun des étages et en opérant par suite en quelque sorte par double contact, soit en faisant travailler isolément chacun des étages et en opérant par suite par la méthode ordinairement adoptée pour les lits percolateurs. Ce dispositif a été choisi à cause de l'abondance des eaux résiduaires de brasserie, pour lesquelles l'épuration peut ne pas être suffisante après un seul traitement. La répartition des eaux sur le premier étage se fait par un distributeur de 19 mètres de diamètre ; sur le second étage, elle se fait par

(1) D'après RYDER, *Surveyor*, 1910, vol. XXXVIII, p. 182 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 455.

(2) D'après HARDING, *Surveyor*, 1910, vol. XXXVIII, p. 568 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 524.

un distributeur « va et vient » de Ham Baker. Les lits sont formés de basalte concassé en morceaux de 0,5 à 1,8 centimètre et possèdent un bon drainage. La quantité d'eau à traiter journellement atteint 1600 mètres cubes. En travaillant par simple contact, le chargement est de 0 mètre cube 43 par mètre cube de matériaux; en travaillant par double contact, le chargement est double, soit 0 mètre cube 86. Les deux fosses septiques renferment environ 1600 mètres cubes : elles sont agencées comme des décanteurs : le fond de l'une d'elles est disposé en entonnoir terminé par une vanne de décharge des boues; le fond de l'autre possède un racleur qui entraîne les boues vers le tuyau d'écoulement. Ces boues sont desséchées à l'air sur des lits de drainage.

L'installation a coûté environ 300 000 francs.

GUILDFORD [1]. — Les eaux usées de Guildford sont évacuées dans des égouts du système séparatif. Une partie des eaux s'écoule par simple gravitation, tandis que l'autre partie doit être pompée pour être conduite à la station d'épuration.

Le volume d'eau moyen reçu à la station de Bellfield par jour est de 2724 mètres cubes par temps sec. Après être passées au travers de grilles rotatives, les eaux s'écoulent dans trois bassins de décantation. Les boues sont évacuées sur les terrains environnants et recouvertes de terre légèrement sableuse; alternativement la moitié de ces terrains est mise en culture. La nature du sol graveleux et sablonneux se prête très bien à l'irrigation des eaux d'égout.

On a construit en 1900, cinq couples de lits bactériens à double contact, qui ont coûté 105 400 francs; les lits de 1er contact ont 334 mètres carrés de superficie; ils sont remplis de scories de 12 à 75 millimètres de diamètre, sur 75 centimètres de profondeur, recevant 102 litres par mètre carré et par jour. La surface totale des lits de 2e contact est de 2527 mètres carrés, sur 75 centimètres de profondeur, remplis de scories de 6 à 25 millimètres de diamètre. Il y a aussi 381 mètres carrés de lits de 3e contact remplis avec les criblures de scories des autres lits.

(1) D'après MASON, *Cont. Journal*, 1910, p. 919 et *Wasser und Abwässer*, mai 1911, p. 114

On établit actuellement une fosse brevetée Fieldhouse pour un prix forfaitaire de 52 575 francs. Cette fosse est circulaire, les eaux entrent dans la partie centrale et s'évacuent sur un cône retourné, les boues tombent dans l'espace annulaire au pied du cône, et l'effluent passe au travers de petits orifices dans la cloison de la fosse centrale vers 6 compartiments extérieurs dans lesquels la sédimentation s'opère pendant que l'eau s'échappe doucement par un déversoir circulaire de 50 mètres de circonférence. On prétend que cette fosse présente les avantages suivants sur les fosses rectangulaires :

1° Toute l'eau doit passer du centre à la circonférence;

2° On obtient une parfaite décantation, car les matières solides ne sont pas remuées par le courant, mais se déposent dans un puits à boues qui peut être facilement nettoyé;

3° La surface de la fosse est divisée en 17 parties, ce qui empêche que les écumes soient brisées par le vent et facilite leur enlèvement;

4° Le grand déversoir aère les eaux;

5° Il n'y a pas de nuisance par les odeurs, car on ne doit jamais vider la fosse.

Dans l'autre station, celle de Woodlands farm, on épure environ 454 mètres cubes d'eau par jour, par lit bactérien à double contact; l'effluent est irrigué sur 6 hectares 47 ares de terrains.

LEEDS [1]. — La station d'épuration de Knostrop, dont nous avons parlé dans un de nos précédents volumes [2], a été agrandie de manière à obtenir, conformément à la demande du service de l'inspection des rivières, une eau épurée ne renfermant pas plus de 110 milligrammes de matières en suspension par litre. Les eaux passent d'abord à travers deux grilles verticales, nettoyées automatiquement par des râteaux électriques, puis elles sont envoyées par une pompe dans des fosses à sables, placées à 3 m. 60 au-dessus. Les eaux passent ensuite dans un bassin où elles reçoivent 10 : 100 000 de lait

[1] Rapport annuel de MM. Hart, Geo. A. et Uldroyd, d'après *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 258.
[2] Voir t. VI de ces *Recherches*, p. 104.

de chaux (au lieu de 8 : 100 000 en 1909) et s'écoulent dans 17 bassins de dépôt où elles séjournent environ 8 heures. Les boues, additionnées de lait de chaux, sont envoyées par des pompes dans trois puits décanteurs contenant chacun 320 tonnes, qui permettent d'éliminer en quelques heures environ 10 pour 100 d'eau. Huit presses à air comprimé transforment alors ces boues à 90 pour 100 d'eau, en gâteaux à 58 pour 100 : ce pressurage dure 1 heure à 1 heure et demie.

L'installation traite 86 000 mètres cubes par jour. On a recueilli par jour : dans les grilles 5,25 tonnes de boues, soit 64 kilogrammes par 1000 mètres cubes d'eau ; dans les fosses à sables 8,5 tonnes, soit 100 kilogrammes par 1000 mètres cubes d'eau; dans les bassins de précipitation, 360 mètres cubes de boues humides donnant finalement 109 tonnes de gâteaux. Dans la période 1909-1910, on a obtenu 130 000 mètres cubes de boues humides, qui ont donné 39 700 tonnes de boues en gâteaux (au lieu de 21 500 tonnes dans l'année précédente). Sur cette quantité, 15 000 tonnes ont été livrées aux agriculteurs, 4000 tonnes ont été expédiées par chemin de fer ; le reste, soit plus de la moitié, a été enterré dans le voisinage. On a utilisé pour la précipitation 1100 tonnes de chaux, pour le traitement des boues 1400 tonnes de chaux, à 15 fr. 50 la tonne. Les dépenses de l'année se sont élevées à environ 120 000 francs, dont 28 000 francs pour les pompes, 30 000 francs pour la précipitation chimique et 55 000 francs pour le traitement des boues.

L'installation de Rodley a fonctionné pendant toute l'année, traitant par voie biologique suivie d'épandage environ 1800 mètres cubes par jour, dont 36 pour 100 d'eaux industrielles. On a obtenu pour 100 mètres cubes : dans la fosse à sable, 1,2 mètre cube de boues à 87 pour 100 d'eau, soit 170 kilogrammes de boue sèche ; dans la fosse septique 0,8 mètre cube de boues à 84,4 pour 100 d'eau, soit 130 kilogrammes de boue sèche. Les boues sont envoyées par gravitation dans des fossés et enterrées. Les dépenses se sont élevées, sans amortissement ni intérêt d'argent, à 13 750 francs; l'épandage a coûté 8125 francs et a rapporté 3750 francs seulement, soit une dépense de 4375 francs pour cette épuration

complémentaire. Les frais d'installation de cette station s'élèvent à l'heure actuelle à plus de 900 000 francs.

LEIGH-ON-SEA[1]. — L'épuration des eaux résiduaires de Leigh-on-Sea (8000 habitants) s'est faite d'abord par lit bactérien à simple contact : on épurait 2000 mètres cubes par jour. Cette installation s'est montrée insuffisante et on a dû la modifier. On a disposé deux bassins d'environ 2000 mètres cubes de capacité, et on a construit de nouveaux lits de contact, dont un suivant le système breveté du filtre Zonic. Ce filtre consiste en bandes concentriques formées de divers matériaux et entourant un bassin de décantation central; l'eau s'y écoule de l'intérieur vers l'extérieur en traversant horizontalement toutes les zones du filtre. Le travail s'effectue à Leigh de la façon suivante : les eaux passent d'abord à travers les grilles, les filtres dégrossisseurs et les bassins de décantation, puis elles se rendent dans les lits bactériens à un seul contact. Les effluents passent alors dans le lit central formé par le filtre Zonic et s'écoulent épurés. L'installation fonctionne depuis 19 mois d'une manière satisfaisante.

MANCHESTER. — Dans le dernier rapport du *Rivers Committee* donnant les résultats d'épuration des eaux d'égout de Manchester pendant l'année finissant le 29 mars 1911, nous ne trouvons pas de modifications apportées aux stations. Nous avons, dans les volumes précédents, donné la description de ces stations, ainsi que les résultats d'épuration jusqu'alors obtenus.

WITHINGTON. — Le coût total du traitement, compris celui des boues, a été très peu supérieur à celui de l'an dernier, 9 fr. 20 au lieu de 8 fr. 97 par 1000 mètres cubes.

Le volume moyen d'eau d'égout traité par jour a été de 21 866 mètres cubes, soit 213 à 358 litres par habitant, en diminution sur les chiffres de l'année précédente.

On a extrait des bassins de décantation environ 11 090 tonnes de boues, soit 1 kgr. 587 par mètre cube d'eau d'égout.

[1] *Surveyor*, 1910, vol. XXXVII, p. 763, d'après LIVERSEDGE et *Wasser und Abwässer*, vol. III, p. 342.

Les résultats d'épuration obtenus, pendant l'année 1910-1911, sont donnés dans le tableau I.

TABLEAU I. — **Withington.**

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	EAU BRUTE	EFFLUENT DES BASSINS DE DÉCANTATION	LITS BACTÉRIENS 1er CONTACT	LITS BACTÉRIENS 2e CONTACT	LITS D'ORAGE EFFLUENT DES BASSINS DE DÉCANTATION	LITS D'ORAGE EAUX D'ORAGE	EFFLUENT MOYEN
Oxygène absorbé en 4 heures.	47,8	35,8	13,6	8,16	24,5	13,1	9,1
Oxygène absorbé en 3 minutes :							
avant incubation.	»	»	4,5	3,4	9,7	4,5	3,8
après incubation.	»	»	12,1	3,1	»	8,8	»
Ammoniaque	29,5	28,7	15,6	8,9	19,7	16,6	10,4
Azote albuminoïde. .	7,5	4,5	2,4	1,3	5,5	2,06	1,42
Nitrites en AzH^3 . .	»	»	0,21	traces	»	0,14	traces
Nitrates — . .	»	»	2,8	7,0	»	1,8	6,0
Putrescibilité	»	»	30/40	2/40	»	25/36	»
Volume traité par m² de surface par jour en litres.	»	»	707			460	

Le volume actuellement traité par double contact est la moitié de celui indiqué, soit 350l,5 par mètre carré et par jour. Les lits ont environ 1 mètre de profondeur.

ÉPURATION EFFECTUÉE 0/0.

Oxygène absorbé en 4 heures	par	rapport	à l'eau brute.	81,0
—	»	—	à l'effluent des bassins.	74,6
Azote albuminoïde	»	—	à l'eau brute.	81,1
—	»	—	à l'effluent des bassins.	74,3

Les recherches du laboratoire ont porté principalement sur la numération et la classification des diverses formes vivantes trouvées dans l'eau d'égout et les effluents des lits bactériens. La méthode générale employée, basée sur les travaux de Kolkwitz, est la suivante :

L'examen des êtres vivants fixés n'offre pas de difficultés; mais, pour ceux qui nagent librement, la vitesse d'écoulement des effluents ne permet pas de les recueillir en assez grand nombre pour les examiner au microscope sans recourir à une sorte de concentration. Beaucoup de ces êtres sont enchevêtrés dans les cultures d'algues qui abondent dans les con-

duits. Si on place un peu de ces cultures dans une coupelle de verre de 75 millimètres de profondeur environ, couvertes du liquide à étudier, et qu'on laisse en repos quelques heures, ou même un jour ou deux, ces organismes se développent et s'agglomèrent à la surface du liquide ou sur les côtés du vase. On peut alors prélever quelques gouttes de la surface à la pipette; on enlève le liquide sur le bord des lames pour examen microscopique, ou on en sépare les organismes par centrifugation. On ne peut donner de méthode précise, l'opérateur devra se régler d'après l'expérience. Ainsi dans le cas des lits bactériens, on examinait les algues de la surface ainsi que l'humus brun déposé dans les interstices des scories. Dans le dernier cas, on doit prendre soin qu'il ne se produise pas de fermentations anaérobies dans les coupelles d'observation.

Dans les lits bactériens de premier ou de deuxième contact, on a remarqué avec surprise l'absence d'infusoires. A part un nombre considérable de vers de terre (anguillules) et de rhyzopodes (Arcella Diffugia et Cyptoderia), il y a peu de variétés de formes. A signaler, cependant, quelques Amibes et Flagellés et très peu de Ciliés (Vorticelles et Chilodon); à la surface, les algues sont modérément abondantes, spécialement les Oscillaires.

Les cultures trouvées dans les conduits sont différentes selon les liquides qu'ils reçoivent. Dans un conduit évacuant seulement l'effluent de lit bactérien de second contact, on a trouvé une culture abondante de Carchesium Lachmanni (animal que nous avons décrit dans le volume précédent) avec le Cladothrix Dichotoma (végétal) qui persista, sans changement, de novembre à mars. Dans un autre conduit, de même situation, mais évacuant un mélange d'effluent de lit bactérien de second contact et d'effluent d'un lit d'orage moins bien épuré, il n'y avait que des cultures très faibles, qui occasionnellement disparaissaient presque complètement et qui alternaient contre les Leptomitus Lacteus, Saprolégniès et Sphoerotilus natans (tous végétaux). Il n'y avait aucune corrélation entre la présence de l'une ou de l'autre de ces espèces et la température, la composition de l'eau, la saison. Les algues (principalement Myxonema tenue) sont aussi plus abondantes dans le conduit qui ne reçoit que l'effluent du lit bactérien de

second contact. On peut toujours trouver des traces de Beggiatoa avec tous ces organismes. La liste suivante donne l'énumération des espèces trouvées soit dans les lits bactériens, soit dans les conduits d'évacuation.

1° VÉGÉTAUX

CHAMPIGNONS

Cladothrix Dichotoma.
Sphoerotilus Natans.
Leptomitus lacteus.
Saprolegnia sp. (?)
Beggiatoa alba.
Beggiatoa leptomitiformis.

ALGUES

Chlamydomonas.
Eudorina Elegans
Gonium Pectorale.
Richteriella sp. (?)
Golenkinia sp. (?)
Scenedesmus Obtusus.
Scenedesmus Quadricanda.
Scenedesmus Obliqum.
Rhaphidium Aciculare.
Rhaphidium Fasciculatum.
Oscillatoria Tenuis.
Myxonema Tenue.
Mesocarpus sp. (?)
Prasiola Crispa.
Navicula Crispa.
Navicula sp. (?)
Nitzschia sp. (?)
Asterionella Formose.

2° ANIMAUX

A. PROTOZOAIRES. — 1° CLASSE DES FLAGELLES

Euglena Viridis.
Trachelomonas Hispida.
Mastigamœba sp. (?)
Cercomonas sp. (?)
Oikomonas Termo.
Bodo globosa.
Bodo sp. (?)
Peranema Trichophora.
Polytoma Uvella.
Anthophysa Vegetans.
Codonosiga sp. (?)

2° CLASSE DES RHIZOPODES

Sous-classe des AMAÉBIENS.

Hyalodiscus Guttula.
Hyalodiscus Limax.
Amoeba Proteus.
Amoeba Verrucosa.
Arcella Vulgaris.
Difflugia sp. (?)
Cyphoderia sp. (?)
Englypha sp. (?)

Sous-classe des HÉLIZOAIRES : Actinophrys sol.

3° CLASSE DES INFUSOIRES.

Sous-classe des CILIÉS.

Carchesium Lachmanni.
Epistylis sp. (?)
Vorticella Alba.
Vorticella Microstoma.
Pyxidium sp. (?)
Stentor Polymorphus.
Paramecium Aurelia.
Paramecium Bursaria.
Colpoda sp. (?)
Chilodon Cucullus.
Chilodon sp. (?)
Cinetochilum Margaritaceum
Colpodium colpoda.
Glocoma scintillans.
Cyclidium Glaucoma.
Coleps Hirtus.
Holophrya sp. (?)
Spirostomum Teres.
Lionotus Fasciola.
Loxophyllum sp. (?)
Choenia sp. (?)
Oxytricha Pellionella.
Stylonychia Mytilus.
Aspidisca Costata.
Euplotes Charon.

Sous-classe des Tentaculifères : Podophrya sp. (?)

B. Vers : Allolobophora Foetida. — Tubifex sp. (?) — Anguillulae.

Rotifères : Rotifer Vulgaris. — Hydatina Senta.

C. Insectes : Chironomus (Larvae). — Isotoma Sexoculata. Lipura Ambulans.

Moss side. — Cette station, qui doit être supprimée par la suite, comprend des bassins de précipitation chimique dont l'effluent est en partie irrigué sur les terres.

Les recettes provenant des ventes de récoltes et de boues pressées ont été supérieures à celles de l'an dernier d'environ 2500 francs. Cependant les dépenses, après diminution des recettes, se sont élevées à 36 287 fr. 60.

Gorton. — La précipitation par l'alumino-ferrique a donné un effluent limpide et brillant. Pendant les périodes de temps sec ou chaud, cet effluent est additionné de chlorure de chaux pour éviter le développement de végétaux inférieurs en aval de la station. Dans certains cas, lorsque la température et les conditions atmosphériques font craindre des nuisances, on ajoute encore du manganate de soude. Ces additions étaient faites aux premières heures du matin et du soir pendant la saison chaude.

On arrive ainsi à diminuer les nuisances, mais c'est au prix de dépenses assez fortes qui se décomposent ainsi :

Traitement des boues (y compris l'alumino-ferrique).	25 787,60
Filtration.	3 864,85
Désinfection par le chlorure de chaux et le manganate de soude et dépenses générales	31 114,65
	60 767,10
A diminuer recettes	7 486,30
	53 280,30

En calculant sur le débit journalier moyen par temps sec de 4540 mètres cubes, la dépense de produits chimiques seuls pour la précipitation est approximativement de 7 fr. 45 par 1000 mètres cubes, l'alumino-ferrique étant employé à la dose de près de 0 gr. 142 par litre.

Cette station doit être aussi prochainement supprimée et les eaux seront envoyées à Davyhulme.

On a essayé s'il était possible de remplacer la chaux par les résidus de charbon pour faciliter le pressage des boues.

Pour obtenir les meilleurs résultats il est utile de cribler les plus fines parties de charbon. Avec 5 tonnes de charbon ajoutées à 40 tonnes de boues humides on obtient un bon tourteau contenant la moitié de son poids de charbon, si on presse pendant 2 heures. On peut le brûler rapidement en mélange avec deux parties d'ordures ménagères dans un four à incinérer, mais il se produit des quantités considérables de poussières. Les tourteaux contenant une partie de charbon pour deux de boues ne brûlèrent pas très bien mélangées aux ordures ménagères.

Ces tourteaux ont été essayés comme producteurs de gaz. Contenant de 50 à 55 pour 100 d'humidité on a obtenu 2240 mètres cubes de gaz et l'équivalent de 28 kilogr. 600 de sulfate d'ammoniaque par tonne séchée gazéifiée pour un produit contenant 1,46 pour 100 d'azote. La seule difficulté consiste dans le nettoyage des grilles avec un combustible contenant 40 pour 100 de cendres. En ajoutant une plus grande proportion de charbon on pourrait donc traiter avantageusement les boues. Cependant, à part cette utilisation, ce procédé est plus coûteux que celui à la chaux même si on peut se procurer le charbon pour le prix du transport.

Les expériences ont aussi montré que, avec une addition proportionnelle de chaux, on peut réduire de beaucoup la quantité de charbon. Ainsi, 28 tonnes de boues humides, 1 tonne de charbon fin et 75 kilogrammes de chaux, donnent 5 tonnes de boues pressées; la durée de pressage était de 1 heure et demie.

Des essais analogues faits à Philadelphie, il résulte que le mélange de boues et de charbon est possible, dans certaines conditions favorables, pourvu que le combustible obtenu trouve son emploi.

Davyhulme. — Le volume moyen d'eau d'égout a été de 164 267 mètres cubes par jour, soit au minimum 227 litres et au maximum 515 litres par habitant. Sur ce volume, 95,7 pour 100 ont été traités, le reste est l'excédent lorsque le débit est porté à plus de 5 fois le débit de temps sec. Cependant cette partie non traitée passe dans des bassins de décantation avant d'être rejetée au canal.

Les résultats d'épuration sont montrés par les analyses résumées dans les tableaux II, III, IV et V.

Tableau II. — **Lits de premier contact.**

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE :	EAU BRUTE	EFFLUENT DES FOSSES SEPTIQUES	EFFLUENT DES LITS		ÉPURATION 0/0	
			MINIMUM	MAXIMUM	EFFLUENT DES FOSSES	EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures.	93,5	75,5	23,7	36,5	51 à 68	62 à 75
Oxygène absorbé en 3 minutes :						
avant incubation . . .	»	»	12,9	19,9	»	»
après incubation . . .	»	»	13,7	23,8	»	»
Ammoniaque.	37,5	43,4	34,1	35,5		
Azote albuminoïde	10,1	6,8	2,6	3,8	44 à 63	62 à 75
Nitrites en Az H^3.	»	»	0,14	0,21	»	»
Nitrates —	»	»	1,42	2,00	»	»
Putrescibilité.	»	»	$69\frac{1}{2}$/147	$128\frac{1}{2}$/161	»	»
Volume d'eau traité par m² de surface et par jour en litres			550	654	»	»
Volume d'eau traité par m³ de scories et par jour en litres			493	626	»	»

Tableau III. — **Lits de second contact.**

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	1er CONTACT	2e CONTACT	ÉPURATION 0/0	
			1er CONTACT	EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures.	36,8	12,1	67	87
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation.	20,5	5,68	»	»
après incubation	26,0	4,8	»	»
Ammoniaque	36,5	16,3	»	»
Azote albuminoïde.	3,8	1,56	60	85
Nitrites en Az H^3	traces	0,14	»	»
Nitrates —	1,0	16,00	»	»
Putrescibilité	$94\frac{1}{2}$/109	$\frac{1}{2}$/110	»	»

Volume d'eau traité par jour et par m² de surface . . . . . . 538 litres.
— par m³ de scories . . . . . . 690 litres.

TABLEAU IV. — **Lit secondaire à percolation.**

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	1er CONTACT	LIT À PERCOLATEUR	ÉPURATION 0/0	
			1er CONTACT	EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures	36,8	15,1	59	84
Oxygène absorbé en 3 minutes :				
avant incubation	20,4	7,8	»	»
après incubation	26,0	6,4	»	»
Ammoniaque	36,2	25,7	»	»
Azote albuminoïde	3,9	1,7	56	83
Nitrites en AzH^3	0,14	0,21	»	»
Nitrates —	1,14	9,9	»	»
Putrescibilité	$98\frac{1}{2}$/115	$5\frac{1}{2}$/116	»	»
Volume d'eau traité par jour et par m² de surface				431 litres.
— par m³ de matériaux				348 litres.

TABLEAU V. — **Lits d'orage.**

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE	EAU BRUTE	EFFLUENT DES BASSINS (MOYENNE)	EFFLUENT DES LITS (MOYENNE)	ÉPURATION 0/0 MOYENNE	
				EFFLUENT DES BASSINS	EAU BRUTE
Oxygène absorbé en 4 heures	96,3	67,3	35,1	47,5	63,5
Oxygène absorbé en 3 minutes :					
avant incubation	»	»	18,7	»	»
après incubation	»	»	19,7	»	»
Ammoniaque	37,5	35,9	29,5	»	»
Azote albuminoïde	10,1	5,5	3,3	40,0	67,0
Nitrites en AzH^3	»	»	0,24	»	»
Nitrates —	»	»	3,4	»	»
Putrescibilité	»	»	44 à 58 %	»	»
Volume d'eau traité par m² de surface et par jour					296 à 340 litres.
— par m³ de matériaux					377 à 363 litres.

Les dépenses totales de l'année 1910-1911 (entretien et renouvellements) se sont élevées à 243 344 fr. 35, soit 4 fr. 10 par 1000 mètres cubes, prix notablement moindre que celui

de l'an dernier. Les frais de renouvellement de matériaux des lits se sont élevés à 169765 francs, le coût de la filtration seul est donc de 1 fr. 50, plus élevé que celui de 1909-1910.

On a retiré des bassins de décantation, qui précèdent les lits d'orage, 80571 tonnes de boues à 85-87 pour 100 d'eau, soit 38,1 pour 100 des boues totales. Des fosses septiques on a extrait 158085 tonnes de boues à 86-89 pour 100 d'eau; ces boues sont peu fermentées, car on les évacue très souvent.

Les lits de premier contact ont reçu 615 litres d'eau par mètre carré et par jour, soit 592 litres par mètre cube de matériaux. Les lits de second contact ont reçu 690 litres par mètre cube de matériaux.

Le rapport contient aussi deux travaux du laboratoire de Davyhulme que nous analysons d'autre part.

MOWBRAY(¹). — Les eaux sont renvoyées à l'usine par un double jeu de pompes centrifuges débitant chacune 5^{m^3} 1/2 par minute tout en élevant les eaux de 15 mètres environ. Elles débouchent dans quatre bassins circulaires à base conique, surélevés de 5^m,50 au-dessus du niveau du sol, et dont la profondeur totale est de 9 mètres. Ces bassins agissent à la fois comme fosses septiques et comme décanteurs. L'effluent est ensuite envoyé sur une première série de lits bactériens de 95 mètres de longueur et de 2^m,10 de profondeur. Ces lits peuvent être assimilés à des percolateurs continus, ils sont formés de scories ferrugineuses de grosses dimensions. La distribution se fait au moyen de quatre distributeurs mobiles sur deux rails parallèles à commande automatique; l'effluent de ces filtres est envoyé sur six filtres secondaires au moyen de distributeurs à bras rotatifs; l'effluent s'en va à la rivière.

NORTHAMPTON(²). — Les principaux collecteurs ont été établis parallèlement à la rivière Nene, pour déboucher finalement dans le collecteur principal, formé de deux égouts jumelés en briques, de 1^m,60 sur 1^m,50, avec une pente minima

(¹) D'après *Loc. Gov. Offi.* et *Bull. Off. Int. d'Hyg.*, 1910, p. 1545.
(²) D'après *Surveyor* et *Bull. Off. Int. d'Hyg.*, 1910, p. 1313.

de 1 pour 2850. Le volume maximum qu'ils peuvent débiter est de 400 000 mètres cubes par jour.

Ces collecteurs aboutissent à l'établissement d'épuration de Houghton-Road. Les eaux sont d'abord reçues par des bassins à décantation continue. L'effluent passe ensuite à travers des filtres grossiers, pour arriver enfin sur les terrains d'épandage de la ferme annexée à l'établissement. On ne se sert pas de précipitant chimique; les bassins sont nettoyés périodiquement et les boues, renvoyées sur des lits spéciaux, sont mélangées à des cendres et laissées au repos jusqu'à consistance plastique. Elles ont représenté pour une année 2600 tonnes, soit 5 tonnes de boues à moitié sèches pour 4500 mètres cubes d'eau d'égout. La surface de la ferme où se fait l'irrigation est de 22 hectares.

PRESCOT [1]. — Les eaux traversent d'abord une série de chambres à sable, grilles et fosses à boues, pour arriver ensuite dans une fosse septique spéciale dite « hydrolitic tank », dont les avantages, d'après les ingénieurs, seraient les suivants :

Les matières en suspension de grosses dimensions sont plus rapidement éliminées que dans les fosses ordinaires ; les particules plus fines qui, d'habitude ne sont pas retenues dans les fosses, sont ici décantées en majeure partie par des cloisons ménagées dans la fosse; les boues déposées sont plus facilement et plus complètement enlevées, l'effluent contient moins de solides en suspension et le travail est moins gêné par les produits formés par la décomposition des boues.

L'effluent de la fosse est envoyé sur des filtres de 2m,50 d'épaisseur. Les matériaux sont des scories, plus grosses dans le premier filtre et plus fines dans le filtre secondaire. Entre les deux séries de filtres sont interposés des bassins de décantation destinés à arrêter les matériaux entraînés hors des filtres.

Les boues recueillies sont évacuées dans des tranchées, puis recouvertes aussitôt qu'elles se sont suffisamment desséchées pour pouvoir supporter le poids de la terre.

[1] D'après *Loc. Gov. Off.* et *Bull. off. Int. d'Hyg.*, 1910, p. 1969.

CHAPITRE VII

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT EN ALLEMAGNE

Nous trouvons dans un rapport de la Commission des eaux de Nordhausen [1] la description sommaire de quelques stations d'épuration des eaux d'égout en Allemagne.

BLANKENBURG. — 13 000 habitants, système unitaire. L'eau d'égout passe à travers une grille de 10 millimètres, puis se rend dans une fosse à sables et dans deux bassins de décantation de 50 mètres de long, 5 mètres de large et 1m,50 de profondeur utile. Elle en sort par des orifices cylindriques ménagés à différents points de la périphérie, et se rend dans des lits bactériens de sable, à double contact. L'eau ne séjourne que 15 minutes sur les lits de premier contact ; elle est alors évacuée sur les lits de second contact où elle séjourne 1 heure à 1 heure et demie. Personnel : deux hommes.

BOCHUM. — 130 000 habitants, 50 000 mètres cubes par jour par suite de l'adjonction à l'eau d'égout de l'eau d'un ruisseau très contaminé. L'installation comprend une grille de 50 millimètres, une fosse à sables à deux compartiments, et 18 décanteurs Emscher. La fosse à boues a des dimensions qui correspondent à 0,2 litre de boues fermentées par tête et par jour, et de manière que les boues peuvent y séjourner six mois. Toutes les quatre semaines, on évacue par pression d'eau un huitième de cette fosse sur des lits de drainage formés par 30 centimètres de scories. Les boues ainsi évacuées

(1) *Die Städtereinigung*, 1910, nos 10, 11, 12 et 13 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 443.

se dessèchent en 2 à 6 jours, suivant le temps. Sur les scories, on dispose une couche de quelques centimètres de sable, pour pouvoir enlever facilement les boues sèches. Personnel : deux hommes.

ELBERFELD. — 220 000 habitants sont rattachés à cette installation qui épure les eaux de la plus grande partie d'Elberfeld et de Barmen. Système séparatif dans la plupart des cas. Effluent : 80 000 mètres cubes par jour, très riche en eaux industrielles et en résidus d'industries textiles. L'installation comprend une fosse à sables avec grilles et râteau, quatre bassins de décantation, dont le fond est constitué par plusieurs entonnoirs à parois plus ou moins inclinées. Les boues sont évacuées par le vide dans des décanteurs, et sont envoyées ensuite dans des bacs à boues, placés au-dessus du sol, qu'on remplit jusqu'à une hauteur de 80 centimètres. La dessiccation de ces boues se produit en 6 à 8 mois. Le fonctionnement de l'installation est assez défectueux, malgré des dépenses très élevées à cause du chargement exagéré des appareils, où le courant dépasse souvent 40 à 60 millimètres à la seconde.

Dans un rapport publié par Wolff et Maass [1] sur l'installation d'épuration des eaux résiduaires de la ville d'Elberfeld, on trouve en outre les renseignements suivants : on retire des deux fosses à sable environ 9 mètres cubes de boues par jour qu'on utilise sur les terrains environnants. Les cinq grilles donnent chaque jour 6^{mc},7 de dépôts qui servent comme engrais. Dans les quatre bassins de décantation où passent en moyenne 44 100 mètres cubes d'eau d'égout par jour, on retire 180 mètres cubes de boues à 92 pour 100 d'eau. Après un séjour de 8 à 9 mois dans les bassins de dessiccation, ces boues n'ont plus que 72 à 76 pour 100 d'eau. On étudie actuellement l'utilisation de ces boues comme engrais après extraction des graisses ou comme combustible après mélange avec des ordures ménagères.

ERFURT. — 108 000 habitants ; système unitaire. L'installation comprend simplement 12 décanteurs Emscher. Dépenses : 412 000 francs.

[1] *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 550.

ESSEN-NORDWEST. — 50000 habitants. L'installation comprend également 12 décanteurs Emscher.

HALBERSTADT. — 46000 habitants; système unitaire. L'eau d'égout traverse une fosse à sables avec tamis en fer, puis des bassins de décantation de 45 mètres de long, 8 mètres de large et 1m,80 de profondeur moyenne, avec une vitesse d'écoulement de 4 millimètres; elle est alors pompée sur 12 lits bactériens percolateurs de 12m × 50m. Les boues des bassins sont extraites par une très forte pompe (40 chevaux) et envoyées sur les lits de drainage. Les lits percolateurs, entourés de murs percés d'orifices, sont formés de scories tamisées et possèdent un drainage constitué par des arceaux demi-circulaires en fer, de 45 centimètres de diamètre, supportant des planches en bois. Personnel : un directeur et trois ouvriers.

HANNOVER. — 272000 habitants : système unitaire. Une station de pompes, placée dans la ville et munie de rateaux et de fosses à sables envoie l'eau d'égout à la station d'épuration distante de 5 kilomètres. Celle-ci comprend 12 bassins de décantation, dont 8 sont toujours en fonctionnement chacun pendant deux jours. L'eau décantée s'écoule à la rivière; l'eau trouble est envoyée dans un autre bassin pour y subir une clarification complémentaire. La boue à 90 pour 100 d'eau est envoyée dans 4 turbines qui l'amènent à 65 pour 100 d'eau. Chaque bassin donne après deux jours de fonctionnement 120 mètres cubes qui se réduisent à 16-20 mètres cubes de boues sèches, données gratuitement aux agriculteurs.

Force motrice nécessaire : 65 à 70 chevaux. Dépenses annuelles élevées : 57500 francs ou 15 fr. 75 par tête; ces fortes dépenses sont occasionnées par le traitement des boues qui revient à 5-6 francs le mètre cube.

KASSEL. — 160 000 habitants ; système unitaire. L'installation d'épuration des eaux résiduaires comprend des grilles et 5 bassins de décantation analogues à ceux d'Halberstadt et de Hanovre (40m × 4m × 5m. L'évacuation de ces bassins se fait en partie par gravitation, en partie par une pompe centri-

fuge. Les dépôts sont extraits par le vide et envoyés sur des lits de drainage où ils se dessèchent.

MULHAUSEN. I. THÜRINGEN. — 35000 habitants, système unitaire). L'ancienne installation comprenait 3 bassins de décantation de 22^{m},5 × 5^{m},3 × 1^{m},8, correspondant à une capacité utile de 540 mètres cubes ; cette installation s'est montrée insuffisante et on a construit 3 nouveaux bassins de décantation de 21^{m} × 9^{m},4 × 2^{m},8, correspondant à 2200 mètres cubes. Les trois bassins anciens servent pour les eaux de la nuit et les eaux d'orage. Les trois autres bassins servent à la clarification des eaux, et on y a encore adjoint deux autres bassins placés l'un après l'autre et de 25^{m} × 10^{m} × 2^{m}. La capacité totale des bassins de clarification est ainsi voisine de 5000 mètres cubes, le volume des eaux à traiter par jour étant normalement, par temps sec, de 5200 mètres cubes. Les eaux des bassins sont évacuées jusqu'à 50 centimètres au-dessus du niveau des boues, et ces boues sont envoyées par des pompes sur des lits de drainage. L'effluent est traité biologiquement sur six lits bactériens percolateurs de 1^{m},20 de hauteur, constitués par des scories recouvertes de la fine couche filtrante système Dunbar. Chaque lit est divisé en cinq parties de 32 mètres de long sur 5 mètres de large. Le chargement correspond à 1^{m3},1 par mètre carré de surface. L'installation totale a coûté 300000 francs, soit 7 fr. 50 par tête. Les frais d'exploitation s'élèvent à 15000 francs environ, soit 37 centimes par tête.

QUEDLINBURG. — 27000 habitants : système en partie séparatif et en partie unitaire. L'eau subit un traitement préalable dans quatre appareils Kremer, puis elle est épurée en partie par filtration intermittente, sur sol sablonneux, sans utilisation agricole, et en partie par épandage. Les boues des appareils Kremer sont envoyées au moyen d'un racloir dans des puisards de 5 mètres de profondeur; elles y restent plusieurs mois avant d'être envoyées sur les lits de dessiccation. Chaque appareil Kremer travaille à 15 litres à la seconde et élimine 90 pour 100 des matières en suspension. Les quatre appareils ont coûté 69000 francs, y compris les machines et le

logement du chef de poste; une installation semblable de décanteurs Emscher aurait coûté 150 000 francs; celle de bassins de décantation aurait coûté 62 500 francs.

RECKLINGHAUSEN (50 000 habitants). — Le traitement des eaux d'égout se fait dans six décanteurs Emscher de 8 mètres de diamètre et de 9 mètres de profondeur : l'eau y séjourne en moyenne une heure. Le travail se fait comme à Bochum et à Essen Nord-West (voir plus haut).

CHARKOW (hôpital) [1]. — L'installation de Charkow permet de traiter 500 mètres cubes par jour et elle comprend une fosse septique, des lits bactériens percolateurs à deux étages et des bassins de décantation de l'eau épurée. Au début, l'effluent de la fosse septique était envoyé par chasses intermittentes, au moyen de rigoles, sur le lit percolateur de premier contact, de 270 mètres carrés de surface et de 1^{m},70 de hauteur, mais, par suite de la répartition irrégulière des eaux, l'effluent restait encore putrescible. Le travail est devenu excellent quand on a disposé à la surface du lit une couche fine de matériaux de 1 à 5 millimètres de grosseur. Les eaux qui s'écoulent du premier lit se rendent dans un bassin de décantation, puis elles passent sur le second étage constitué par deux lits percolateurs de 1 mètre de hauteur, munis également d'une couche filtrante superficielle et représentant seulement le sixième du volume du premier lit. L'eau qui s'écoule du second étage est tout à fait imputrescible.

Les expériences de Malischewsky ont montré que, *pour un même volume de matériaux*, l'épuration est meilleure avec un lit percolateur divisé en deux étages qu'avec un seul étage de matériaux.

CHEMNITZ [2]. — Des essais ont été faits, pour le traitement des eaux résiduaires de la ville de Chemnitz, au moyen de la poudre de charbon et de divers produits chimiques. Les effluents obtenus étaient encore putrescibles, les frais étaient

[1] D'après MALISCHEWSKY. *Gesundheits ingenieur*, 1910, 33e année, p. 943.
[2] D'après un rapport de la ville (1909) et *Wasser und Abwässer*, t. III, page 276.

très considérables et il n'était pas possible de les couvrir ou même de les réduire par une utilisation rationnelle des boues. Ces essais ont donc été abandonnés. Des expériences ont été faites alors sur la sédimentation et on a constaté qu'une longueur de 31 mètres des bassins était suffisante avec un courant de 6 à 14 millimètres à la seconde. On a construit deux lits bactériens percolateurs de 2 mètres de haut, qui ont donné avec un travail de 11 heures par jour et un repos de 13 heures par nuit, et avec un chargement de 1 mètre cube d'eau par mètre cube de scories, un effluent imputrescible avec une diminution d'oxydabilité de 50 à 75 pour 100. La centrifugation des boues s'est montrée trop coûteuse et assez imparfaite. On a eu alors recours aux décanteurs Travis et Emscher, qui ont fourni des boues à 85 pour 100 d'eau au lieu de 95 pour 100 et on a réduit ainsi des deux tiers l'espace nécessaire pour les boues. On a utilisé pour le transport des boues une toile sans fin sur laquelle les boues perdent encore 2 pour 100 d'eau et ces boues à 83 pour 100 d'humidité sont amenées par la toile dans des presses à rouleaux de bois d'où elles sortent à 59 pour 100 d'eau.

DUSSELDORF (1). — Le traitement des eaux résiduaires de Dusseldorf se fait mécaniquement, au moyen de grilles dont les barreaux ont 3 millimètres d'écartement et dont le nettoyage se fait à la machine. Les résidus retenus par les grilles sont recouverts par 40000 kilogrammes de tourbe et chaux en poudre : ils sont ensuite enlevés par les agriculteurs et rapportent ainsi environ 3750 francs par an. En dehors de cette somme, les dépenses de l'installation s'élèvent à 50000 francs environ pour 265000 habitants, soit 15,44 pfennig par tête.

ELBING (2). — Elbing est une ville de 58000 habitants, munie d'un réseau d'égouts installé d'après le système séparatif. Le volume d'eau d'égout à traiter chaque jour s'élève à

(1) D'après un rapport de la ville en 1908-1909 et *Wasser und Abwässer*, t. III, page 275.
(2) D'après SCHWEIZER, *Jour. of Gasb.*, 1911, n° 10, p. 251 et *Wasser und Abwässer*, t. IV, page 176.

3000-4000 mètres cubes. L'eau est traitée par le procédé Rothe-Degener à la poudre de charbon. On l'additionne, dans une rigole, de 1 à 2 kilogrammes de charbon et de 200 à 300 grammes de terre argileuse par mètre cube. L'eau s'élève ensuite dans la tour de clarification avec une vitesse de 0,3 à 1 millimètre. Les boues qui se déposent renferment 95 à 98 pour 100 d'eau; on les passe au filtre-presse qui donne des gâteaux à 65 pour 100 d'eau. On peut utiliser ces gâteaux soit comme engrais, soit comme combustible; ce dernier emploi est préférable. On se sert alors de ces gâteaux, chauffés dans des cornues, pour la préparation de gaz qu'on utilise comme producteur d'énergie électrique.

Les frais d'exploitation de cette installation s'élèvent à 70 000 francs.

POSEN[1]. — L'installation de traitement des eaux résiduaires de la ville de Posen a été mise en fonctionnement en juin 1909. Elle comprend d'abord une grille qui retient chaque jour $1^{m^3},14$ de matières en suspension, puis une installation de pompes qui envoient l'eau dans huit puits décanteurs. Le volume de l'effluent à traiter atteint 36 000 mètres cubes les jours de pluie; par temps sec, il est en moyenne de 15 000 mètres cubes les jours de semaine et 9000 mètres cubes le dimanche. L'installation fonctionne en semaine avec six puits de décantation, le dimanche avec quatre seulement. Les boues sont extraites, sans interruption de travail, par aspiration et enterrées dans un champ d'environ 8 hectares : une partie des boues est d'ailleurs utilisée par les cultivateurs. On obtient chaque jour environ $49^{m^3},6$ de boues, soit 0,3 pour 100 de la quantité d'eau traitée. La force motrice nécessaire pour les appareils aspirateurs des boues, pour l'éclairage électrique et pour l'approvisionnement de l'installation en eau potable, est fournie par une turbine mise en mouvement par l'eau qui s'échappe des puits de décantation. Cette eau est suffisamment purifiée pour ne pas nuire à la flore et à la faune de la rivière où elle s'écoule. D'après les résultats fournis par un fonctionnement de neuf mois, l'entretien et le travail de la station de pompes a coûté 45 centimes

(1) D'après *Wasser und Abwässer*, t. IV, page 78.

par habitant et par an; le travail de clarification a coûté environ 15 centimes par habitant et par an.

RHEYDT (¹). — Les trois communes de Rheydt, Odenkirchen et Wickrath, munies d'un réseau d'égouts du système séparatif, traitent dans une seule installation leurs eaux résiduaires dont le volume journalier s'élève à 6500 mètres cubes. Ces eaux arrivent dans un bassin de 6 mètres de large et de 6 mètres de profondeur, muni de grilles, et sont envoyées par des pompes centrifuges dans les bassins de clarification. Ceux-ci ont été calculés pour le traitement journalier de 15 000 mètres cubes d'eau d'égout : ils consistent en quatre bassins de 60 mètres de longueur, qui sont traversés par les eaux en trois heures avec une vitesse de 8 à 10 mm. à la seconde. Avant ces bassins, on a disposé d'autres bassins dégrossisseurs. A l'extrémité de deux des principaux bassins de clarification, on a disposé deux tamis de cuivre pour retenir les pailles, poils, plumes, etc., et les résultats ont été satisfaisants. Les boues sont évacuées par gravitation, toutes les semaines pour le premier bassin, toutes les deux semaines pour les bassins préliminaires, toutes les quatre semaines pour les grands bassins de clarification. Les trois lits de drainage pour les boues ont $25^m \times 80^m$ et on les charge avec une couche de boues de 1 mètre de hauteur, maintenue par des murs. Les eaux d'égouttage retournent au premier bassin de décantation. Les boues sèches sont utilisées par les agriculteurs, surtout dans la culture des légumes.

STRIEGAU (²). — L'eau d'égout est envoyée par une pompe centrifuge dans une fosse septique couverte, dont l'effluent s'écoule dans des lits bactériens à double contact. Les lits bactériens de premier contact sont formés de scories; ceux de second contact sont formés de coke. Les boues qui se déposent dans la fosse septique sont extraites par aspiration et envoyées sur les champs voisins.

On a choisi la méthode d'épuration par double contact

(¹) D'après *Wasser und Abwässer*, t. III, page 522.

(²) D'après le *Striegauer Anzeiger*, 29ᵉ année, 1910, nº 11 et *Wasser und Abwässer*, t. IV, page 82.

pour plusieurs raisons : 1° la hauteur dont on disposait n'était pas suffisante pour permettre l'installation de lits percolateurs; 2° on voulait réduire les mauvaises odeurs au minimum, à cause des promenades du voisinage; 3° l'installation devait pouvoir supporter les énormes variations de débit de l'effluent. Quand les eaux sont très abondantes, elles sont simplement décantées grossièrement et évacuées. Pour éviter l'encrassement des lits bactériens, on a placé un bassin de clarification, de 1 mètre de profondeur, entre la fosse septique et les lits.

WILMERSDORF (près Berlin)[1]. — La marche de l'épuration biologique des eaux résiduaires à la station de Wilmersdorf, dont nous avons parlé dans nos précédents volumes[2], a été étudiée en 1910 par le Dr Pritzkow au point de vue chimique et par le Dr Kolkwitz au point de vue biologique.

Au point de vue chimique, le Dr Pritzkow a fait les observations suivantes :

L'eau brute qui arrive à la station est assez concentrée et déjà en pleine fermentation. Les bassins de décantation livrent un effluent assez bien décanté pour pouvoir être envoyé sur les lits percolateurs : on retient dans ces bassins en moyenne 50 pour 100 des matières en suspension. L'élimination des boues s'est faite, en général, sans difficultés, sauf dans les deux premiers bassins où elles s'accumulent en abondance, mais cet inconvénient a pu être facilement évité en modifiant l'ordre dans lequel les eaux traversent les divers bassins. Les lits percolateurs, chargés à raison d'un demi-mètre cube par mètre cube de matériaux, ont donné un effluent imputrescible. Le chargement d'un mètre cube d'eau d'égout par mètre cube de matériaux a donné également un effluent imputrescible, mais l'épuration était moins bonne, et comme ces essais ont été faits en été, on peut en conclure que pour avoir un effluent régulièrement épuré et imputres-

(1) D'après PRITZKOW, *Mitteil. a. d. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorg*, usw., 1910, n° 13, p. 1, et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 365, et d'après KOLKWITZ, *Mitteil a. d. Kgl. Prüfungsanst, f. Wasserversorg*, usw., 1910, n° 13, p. 48, et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 367.

(2) Voir tome II de ces *Recherches*. p. 166, et t. III, page 202.

cible d'une façon permanente, il est préférable de ne pas dépasser un chargement d'un demi-mètre cube par mètre cube de scories. Le froid n'a plus occasionné aucun accident dans le travail malgré la couche de glace qui recouvrait les lits bactériens et une température prolongée de — 16° : la température de l'effluent s'est abaissée jusqu'à + 2°. Le traitement complémentaire des eaux qui s'écoulent des lits bactériens, qui consiste, comme nous l'avons vu, en une décantation dans des bassins pour retenir les matières en suspension, a donné des résultats satisfaisants, et les boues déposées dans ces bassins n'ont exercé sur l'eau épurée aucune action nuisible. Ces boues ont été enlevées sans aucune difficulté. La filtration sur sable des effluents des lits percolateurs a encore amélioré l'état physique des eaux et également leur composition chimique : on n'a recours à cette filtration que passagèrement et à volonté, et les matières retenues à la surface des filtres s'enlèvent très facilement après dessiccation à l'air. Les boues sont enterrées dans le voisinage et on dispose, dans ce but, d'étendues de terrain très considérables. Les mauvaises odeurs ont été surtout sensibles au moment de la rotation des sprinklers et dans la chambre de répartition; les mouches ont été très abondantes, mais seulement dans le voisinage immédiat des lits percolateurs.

L'examen biologique des eaux, fait par le Dr Kolkwitz, a conduit à des résultats analogues à ceux de l'examen chimique. Les organismes présents ont été déterminés dans l'eau brute, dans l'eau épurée et dans l'eau du canal où se fait l'évacuation des eaux épurées, en amont et en aval du point d'évacuation. Ce dernier examen a montré que la flore de l'eau du canal n'était pas défavorablement modifiée par l'évacuation des eaux épurées.

CHAPITRE VIII

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT EN AMÉRIQUE

Le Conseil d'hygiène de l'État d'Ohio (U. S. A.) a rédigé pour l'installation d'épuration des eaux d'égout de *College Hill* un ensemble de règles qui ont été publiées récemment dans le *Municipal Journal* (N. Y.) [1].

Remarques générales. — Le procédé d'épuration des eaux d'égout devra fonctionner d'une façon entièrement automatique. Même pour sa forme la plus simple, une surveillance régulière par une personne compétente devra être établie. Le surveillant visitera l'installation au moins deux fois par jour; deux jours complets par semaine seront employés au nettoyage et à la mise générale en bon ordre. Si cela est nécessaire, il se fera aider par d'autres ouvriers. Les environs de l'installation seront tenus propres et soignés. Une prévention s'attache naturellement aux installations d'épuration d'eaux d'égout, qu'elles créent ou non une nuisance, mais il est de règle que cette prévention peut être écartée si l'installation présente toujours une apparence soignée. Ces commentaires sont spécialement applicables à l'installation de « College Hill », située à proximité d'un grand sanatorium et d'une route très fréquentée. Aussitôt que possible les terrassements entourant l'installation seront nivelés et couverts de gazon. Le tracé judicieux des chemins et la plantation de petits arbres ajoute beaucoup à cette apparence et il est recommandé de charger un jardinier de ce travail.

(1) *Sanitary Record*, 11 mai 1911, p. 429.

Chambre à grilles. — Il n'y a pas ici d'instructions spéciales. Le criblage de l'eau étant très important, la chambre à grille sera établie de telle façon que son action soit efficace et le nettoyage des grilles facile.

Bassins de sédimentation. — Un bassin suffirait actuellement pour obtenir une sédimentation convenable; mais, pour rendre moins désagréable l'évacuation des boues, les bassins seront employés alternativement. Quand un bassin sera mis hors service, il ne sera pas vidé immédiatement, mais laissé plein jusqu'à ce qu'il doive être employé de nouveau. Aussitôt avant, l'eau sera évacuée et le bassin vidé et nettoyé. Cette méthode a pour but de permettre la solubilisation des boues déposées et des écumes; on diminue ainsi beaucoup les odeurs lorsque les boues sont déversées sur les lits préparés pour leur égouttage et leur séchage. Comme on obtient la meilleure sédimentation lorsque l'eau s'écoule lentement et sans agitation dans les bassins, si l'on constate une fermentation active avec dégagement tumultueux de gaz, le bassin devra être mis hors service. On ne peut établir de règle pour la durée d'emploi d'un bassin, car elle varie avec la composition des eaux et avec la température. Avec une eau peu chargée, un bassin pourra fonctionner pendant toute la saison d'hiver, tandis qu'avec une eau très chargée, et surtout pendant les mois d'été, les bassins ne peuvent rester que quelques semaines en service.

On a observé qu'on rencontre les plus grandes difficultés pour évacuer les boues lorsque le fond des bassins n'a pas de pente, ou est inégal. Il est très désirable que la pente, de 5 pour 100 au minimum, soit dirigée vers les orifices d'évacuation, et que le fond ait une surface aussi unie que possible. Dans toute installation on doit enregistrer le débit des eaux, car souvent on trouve ainsi une explication complète ou partielle des difficultés rencontrées dans l'épuration. On pourra installer les appareils au déversoir de sortie des bassins de sédimentation. Il est recommandé d'établir, dans chacune des ouvertures communiquant aux chambres de mesure, un déversoir de 225 millimètres de seuil. Ce dernier devra être construit en bronze qui résiste mieux à l'action des eaux d'égout.

Chambre de mesure et d'égalisation. — Ces bassins, ainsi que les siphons automatiques qu'ils contiennent, doivent être entretenus en parfait état de propreté. Des instructions spéciales sont données par les constructeurs.

Filtre. — Le filtre percolateur est la partie de l'installation qui nécessite le plus de soins. Il est indispensable de veiller à ce que tous les becs pulvérisateurs soient propres et fonctionnent convenablement. L'apparition d'eaux stagnantes à la surface du filtre est une indication de mauvais travail, qu'il faut améliorer immédiatement. Si la stagnation provient du colmatage des couches superficielles, on peut y remédier en labourant seulement la surface. Si le filtre paraît entièrement colmaté, ou saturé d'eau, selon toute probabilité cela provient de l'obstruction complète des drains par des matières terreuses ou par des cultures de champignons qui empêchent l'écoulement de l'effluent. Quand il en est ainsi, il devient nécessaire de laver les drains avec un jet d'eau. Si le lavage des drains et le renouvellement de la couche superficielle du filtre ne donnent pas de résultats satisfaisants, il est évident alors que le filtre en entier est colmaté. Cela peut être dû à la formation très rapide de matières humiques, à l'effritement des pierres du filtre ou à la présence de matériaux beaucoup trop fins dans les pierres. Dans ce cas le seul remède est de renouveler entièrement les matériaux filtrants, après lavage ou par remplacement par de nouvelles pierres.

Bassins de sédimentation finale. — Il n'y a plus d'indications spéciales pour ces bassins, qui seront débarrassés des boues lorsque celles-ci en auront diminué sensiblement le volume. Le curage sera fait en dehors des périodes de grand afflux d'eau.

Lits à boues. — Ces lits nécessitent beaucoup de travail. Lorsque les boues des bassins de sédimentation ont été séchées au soleil, on constate que la couche qui recouvre le sable est plus ou moins feutrée et peut être enlevée à la pelle sans grande difficulté. La méthode la plus convenable et en même temps la plus économique pour la traiter sera de la briser finement avec les pelles et de la répandre sur les pelouses environnantes. Ces lits peuvent se colmater par les matières argileuses qui sont enlevées des digues par lavage.

Pour l'éviter, ces digues seront recouvertes de gazon; de plus, on les séparera du filtre par des planches de bois ou une couche de béton, jusqu'à $0^m,45$ au-dessus de la surface du sable.

Contrôle de l'épuration. — Lorsque l'épuration sera bonne, l'effluent restera imputrescible et sera approximativement exempt de matières en suspension. La putrescibilité d'un mauvais effluent peut se reconnaître facilement à l'odeur caractéristique de l'hydrogène sulfuré qu'il dégage, mais cet indice n'est pas suffisamment sensible. L'épreuve est meilleure si on emploie le bleu de méthylène qui se décolore lorsque, l'effluent étant putrescible, tout l'oxygène a disparu. Un effluent qui se décolore en quelques jours est mal épuré.

Débit excessif des égouts. — Le débit excessif des égouts cause des troubles dans les installations d'épuration. Il peut être dû à l'admission dans les égouts unitaires des eaux des toitures, des eaux de surface et de celles du drainage du sous-sol. Dans certains cas, les eaux souterraines s'introduisent aussi dans les égouts par les parties brisées ou lorsque le sol n'est pas lui-même drainé. Il est indispensable rechercher les entrées et de les obstruer.

Les raccordements des canalisations des habitations devront toujours être visités avant d'être recouverts. Il est essentiel, surtout lorsque les eaux d'égout doivent être épurées, que l'on connaisse la situation exacte de ces raccordements ainsi que leur mode de construction.

Traitement des eaux d'égout par dilution [1].

Ce mode de traitement, proposé pour *Rochester*, a été critiqué très sévèrement par quelques médecins, aussi convient-il de préciser ce qui a été autorisé par le Conseil d'hygiène de l'État de New-York.

Les eaux d'égout seront amenées à environ douze kilomètres de la ville, dans des bassins de décantation avec grilles aux deux extrémités, pourvus de dispositifs d'écrémage pour

(1) *Eng. Rec.*, 15 oct. 1910, p. 425.

enlever les graisses et les huiles surnageantes. De ces bassins les eaux seront déversées, par un conduit de 2700 mètres, dans le lac Ontario à une profondeur de 13m,50 au-dessous de la surface des eaux.

Le projet, après avoir été soumis aux autorités sanitaires, a été approuvé sous les conditions suivantes : l'approbation des plans et l'autorisation d'établissement sont conditionnelles et prévoient explicitement que s'il est reconnu, après l'achèvement et la mise en service des installations, et après études des effets du déversement de l'effluent dans les eaux du lac, que les habitants des rives du lac Ontario, ou que ceux qui usent les eaux du lac pour la boisson, les bains ou autres emplois, ont la santé altérée ou le confort diminué, il y aura lieu d'ajouter tel dispositif pour augmenter le degré d'épuration, bassins de décantation supplémentaires, filtres biologiques ou autres, de façon à protéger efficacement la santé publique et à prévenir toute nuisance.

Aussi tous les plans ont-ils été dressés en prévision de nouvelles installations si leur construction devient nécessaire.

Recherches sur l'épuration des eaux d'égout de Boston (1).

De leurs premières recherches, Winslow et Phelps avaient conclu que les eaux d'égout de Boston pouvaient être épurées économiquement et d'une façon satisfaisante sur des lits bactériens à percolation sans autre traitement préliminaire que leur passage dans des fosses à sables et des grilles. Les lits étaient formés de pierres cassées de 37 à 50 millimètres sur 2m,40 de profondeur (2).

Par leurs nouvelles études les auteurs ont déterminé quelle profondeur les lits bactériens devaient avoir et quelle devait être la grosseur des matériaux pour obtenir les meilleurs résultats.

On admet généralement en Angleterre que les matériaux des lits à percolation ne doivent pas avoir une grosseur dépas-

(1) *Journal of Infections diseases*, avril 1911, p. 259.
(2) Voir ces *Recherches*, 3e vol., p. 230.

sant 25 millimètres. En Amérique, par suite de la dilution plus grande des eaux d'égout, on peut employer des matériaux plus gros, retenant moins les matières en suspension. A Reading et à Columbus leur grosseur est de plus de 50 millimètres.

Avec les eaux brutes de Boston on ne peut employer les pierres de 12 millimètres, car le colmatage est très rapide, et celles de 37 millimètres sont les plus petites qui puissent être utilisées; il est préférable de choisir celles de 37 à 50 millimètres. La profondeur de lits donnant les meilleurs résultats est celle de $2^m,10$ au-dessus des drains. Le taux d'alimentation des filtres fut de 1680 litres par mètre carré de surface de lits.

Les auteurs ont remarqué, comme Watson à Birmingham (Angleterre) et d'autres ingénieurs, que la quantité de matières en suspension contenue dans les effluents varie avec les saisons. Elle augmente toujours d'une façon considérable au printemps. Ces matières accumulées pendant neuf mois se déchargent ainsi pendant trois mois. Il est à noter qu'à cette époque l'accroissement des matières minérales est plus grand que celui des matières organiques.

Bien que les efffuents soient imputrescibles, la présence de plus de 100 milligrammes par litre de matières en suspension peut causer des inconvénients dans les cours d'eau où ils sont rejetés si le courant n'est pas très fort. Aussi doit-on les décanter par un repos de deux heures. Les bassins expérimentés étaient de forme conique renversée d'un diamètre de $2^m,15$ à la partie supérieure et d'une profondeur de $1^m,20$, avec au centre un tuyau vertical de $0^m,15$ de diamètre descendant jusque $0^m,575$ du fond. Les effluents des filtres s'écoulaient dans le bassin par des ouvertures latérales du tuyau près du fond, ils remontaient en diminuant de vitesse et s'échappaient en quatre points munis de pare-écumes à la surface. Les matières en suspension furent ainsi réduites de 55 pour 100. Il est à remarquer que durant cette courte période l'épuration se continuait, en supplément de la sédimentation obtenue.

Le volume des boues ainsi retenues a varié de 0,5 à 2 mètres cubes par 1000 mètres cubes d'eau d'égout épurée; pendant le printemps il a été de 1 à 2 mètres cubes. On a essayé deux méthodes de traitement qui n'ont pas donné de résultats

encourageants, ce fut de laisser séjourner les boues dans une sorte de fosse septique intensive dans l'espoir d'en réduire le volume, et d'autre part d'étudier la valeur fertilisante des boues pressées. Il est probable qu'il sera préférable soit de les déverser en mer, soit de les épandre sur les terres, ou encore de les presser et les brûler.

Épuration des eaux d'égout de Philadelphie.

La ville de Philadelphie a été mise en demeure de soumettre avant le 1er janvier 1912 au State Department of Health un plan complet d'évacuation et d'épuration de ses eaux d'égout. Une station expérimentale fut construite en 1909, dans laquelle des recherches furent entreprises, sur le criblage des eaux par les grilles à fins barreaux, sur la sédimentation dans des bassins à écoulement horizontal ou vertical, sur les lits d'ardoises du type Dibdin, sur les lits bactériens à double contact ou à percolation, les filtres de Hambourg ou à sable intermittents, sur la désinfection, sur la dilution et sur les boues.

Le rapport très complet paru au début de cette année contient des conclusions dont certaines peuvent être résumées (1) comme suit :

Le criblage à travers une toile métallique à 35 mailles par inch (25 millimètres) retient un tiers des matières en suspension dans les eaux d'égout brutes, et prévient la formation d'écumes dans les bassins de décantation et l'obturation des becs pulvérisateurs des lits bactériens à percolation.

Dans un bassin de décantation, l'eau d'égout, s'écoulant horizontalement à la vitesse nominale de 3 h. 1/2, abandonne les deux tiers des matières en suspension, le dépôt n'augmente pas en proportion de la durée de séjour des eaux dans le bassin. Lorsque la période d'écoulement varie entre 3 h. 1/2 et 6 heures, les eaux ne sont pas suffisamment désoxydées pour dégager de mauvaises odeurs lorsqu'on les répand sur les lits bactériens à percolation. Pour éviter l'action septique

(1) D'après *Eng. Rec.*, 8 avril 1911, p. 374.

on doit enlever les boues et nettoyer les bassins toutes les six semaines.

Dans le puits d'Imhoff, où les eaux s'écoulent verticalement et sont séparées des boues en liquéfaction, on a reconnu que les eaux se conservent fraîches et qu'on évite les mauvaises odeurs dégagées par l'effluent et les boues ainsi que les gaz qui s'y produisent.

Pour que les lits d'ardoise donnent le meilleur résultat, on ne doit les remplir que deux fois par jour ou au taux de 2240 litres par mètre carré et par jour. L'eau d'égout y laisse déposer les 3/4 des matières en suspension. Lorsque les ardoises ne peuvent être trouvées sur place comme produits de rebut, l'établissement de ces lits est coûteux.

Les lits à percolation donnèrent les meilleurs résultats avec les becs pulvérisateurs fixes lorsque les minces filets d'eau traversaient continuellement les matériaux sans période de reste. On reconnut la supériorité du taux uniforme d'opération sur le taux irrégulier. Le taux maximum obtenu fut de 2800 litres par mètre carré et par jour, mais en hiver l'épuration fut insuffisante. Avec un filtre, à l'abri des intempéries, recevant de l'eau finement criblée et décantée, distribuée uniformément à la surface, le taux maximum fut de 3472 litres par mètre carré et par jour. L'effluent fut toujours reconnu suffisamment épuré.

Parmi les matériaux des lits bactériens, on remarque que les trapps (roches éruptives) et le gravier ne s'effritent pas comme les calcaires (pierres à chaux) et les scories. La surface unie des graviers ne se prêtait pas aussi bien à la formation de zooglées microbiennes que les matériaux rugueux, tandis que les matériaux les plus rugueux, les scories, retenaient les matières en suspension et se colmataient. Dans le lit non recouvert, recevant 2800 litres d'eau par mètre carré et par jour, les meilleurs résultats furent obtenus avec des matériaux de 25 à 75 millimètres de grosseur. Dans les conditions les plus favorables de fin criblage et de décantation l'eau d'égout distribuée à raison de 3472 litres par mètre carré et par jour produisit un effluent bien épuré, les matériaux du lit ayant 18 à 37 millimètres de grosseur.

Les filtres de moins de 1^{m},80 de profondeur ne donnent pas

de résultats satisfaisants, mais lorsque la profondeur est supérieure à $1^{m},80$ l'effluent était suffisamment épuré, avec un taux de distribution de 2800 à 3360 litres par mètre carré et par jour. Une profondeur supérieure à $1^{m},95$ ne parut pas économique.

Au taux de 2800 à 3360 litres par mètre carré et par jour, pour les filtres composés de matériaux de grosseur uniforme, les matières qui se déposaient dans les interstices étaient complètement évacuées, tandis que les filtres composés de matériaux de diverses grosseurs se colmataient, sans que ces matières soient évacuées. La glace ne gêna pas l'épuration.

Les cultures de champignons à la surface des lits furent complètement détruites par l'application d'une solution d'hypochlorite de chaux sans arrêt de l'action biologique des lits.

On reconnut qu'il était impossible d'utiliser les filtres de Hambourg ou les filtres à sable intermittents à des taux assez élevés pour être économiques dans les conditions de Philadelphie.

L'eau d'égout brute, criblée et décantée de façon à ne pas contenir de matières en suspension plus grandes que 1 millimètre et stérilisée par l'addition de 6 milligrammes de chlore actif par litre fut mélangée à l'eau de rivière dans la proportion de 1 à 10, l'épuration fut obtenue sans que la vue et l'odorat soient affectés, et sans que la diminution de l'oxygène dissous dans l'eau de la rivière fut plus grande que la moitié de celle de l'état de saturation.

Dans le bassin de décantation à écoulement horizontal on recueillit $0^{m3},843$ de boues à 88 pour 100 d'humidité par 1000 mètres cubes d'eau, dans le puits d'Imhoff $0^{m3},151$ de boues à 82,6 pour 100 d'humidité par 1000 mètres cubes d'eau [1]. Les boues décantées mises dans une fosse découverte ne se liquéfièrent pas d'une façon satisfaisante. Par l'emploi de lits de sable ou de sciure placés sur de gros matériaux formant drainage, on réduisit plus facilement l'hu-

[1] Ces différences sont si considérables que nous pensons qu'il s'est glissé une erreur dans le compte rendu que nous traduisons ou que leur explication n'a pas été rapportée.

midité des boues que par des tranchées en terre. Dans ces conditions, la boue de décantation sur une épaisseur de 15 centimètres se dessèche, en 6 jours si le lit est couvert et en 12 jours si le lit n'est pas couvert, suffisamment pour pouvoir être enlevée. Un mélange à poids égal de boues humides et de poussières de charbon se dessèche en un jour sur le lit à boues, et peut être brûlé ensuite.

READING. — Nous avons rendu compte, dans un volume précédent (1), des expériences préparatoires faites à Reading pour l'épuration des eaux d'égout et nous avons donné une description sommaire de la station d'épuration. Cette station est en fonctionnement depuis près de quatre ans et des rapports ont donné les résultats obtenus (2).

Les eaux d'égout s'écoulent à une station de pompage où elles sont criblées avant d'être envoyées à la station d'épuration. Là elles sont décantées, puis distribuées sur des lits à percolation et enfin décantées de nouveau avant d'être évacuées à la rivière.

La population est d'environ 100 000 habitants, mais 55 000 habitants seulement évacuent leurs eaux usées dans les égouts sanitaires. La composition des eaux d'égout varie à tout moment car elles contiennent des eaux résiduaires industrielles, tanneries, abattoirs, fabriques de chapeaux, teintureries, etc. Aussi le volume des eaux s'écoulant la nuit est très faible et provient principalement de l'infiltration des eaux souterraines.

Les eaux sont d'abord criblées dans une grille cylindrique, le *Segregator*, que nous avons décrit. Les matières retenues sont séchées par centrifugation et brûlées, mélangées à du charbon, dans le foyer des chaudières. La quantité de ces matières recueillies de 6 heures du matin à 6 heures du soir, est presque double de celle recueillie de 6 heures du soir à 6 heures du matin. On retient ainsi $0^{m^3},0185$ à $0^{m^3},0215$ de matières par 1000 mètres cubes. Le criblage coûte 1 fr. 10 par 1000 mètres cubes pour un traitement minimum de 18 000 mètres cubes.

(1) Ces *Recherches*, 3e vol. p. 238.
(2) *Eng. Rec.*, 13 août 1910, p. 186, et 25 avril 1911, p. 441.

Le bassin de décantation a une capacité de 7260 mètres cubes, pour une profondeur de 4^{m},80 et une surface de 78^{m} × 15^{m} Mais cette capacité est réduite, par suite de l'existence de murs de fond, à 5450 mètres cubes. Pour un volume d'eau de 13620 mètres cubes en 24 heures, la période de séjour est de 10 heures, pour un volume de 27 240 mètres cubes il ne sera que de 6 heures. Les eaux y entrent par douze ouvertures pour ralentir l'écoulement. Des murs de fond divisent le bassin en cinq parties égales, qui sont chacune pourvues d'une vanne pour l'évacuation des boues, les eaux sortent par un déversoir de la largeur du bassin, un pare-écume se trouve avant ce déversoir. Ce bassin avait été construit d'abord comme fosse septique, mais on ne l'emploie que comme bassin de décantation, par suite de l'opposition des détenteurs du brevet Cameroun. On a trouvé depuis que les ébouages fréquents permettaient un meilleur fonctionnement des filtres bactériens. L'évacuation des boues se fait, au bout de 6 semaines en été et de 4 mois en hiver, dans des tranchées dont la profondeur varie de 0^{m},30 à 1^{m}.50. La quantité de boue liquide évacuée en 1908 et 1909 a été en moyenne de 20 litres par 1000 mètres cubes; la composition était de 91,83 pour 100 d'humidité, 2,83 pour 100 matières minérales et 5,34 pour 100 matières volatiles. Lorsque les tranchées sont peu profondes, la boue se sèche, mais lorsqu'elles sont profondes, il se produit des fermentations septiques, une croûte recouvre une boue complètement liquéfiée. La boue sèche est pratiquement de l'humus et a peu d'odeur. Les odeurs dégagées des tranchées sont très faibles même en été, elles rappellent celle de l'acide acétique, plutôt que l'odeur de putréfaction.

Les deux lits bactériens à percolation mesurent chacun 4000 mètres carrés. Ils sont construits sur un fond bétonné recouvert de tuiles demi-rondes formant drainage, puis de matériaux différents. Pour l'un, les scories cassées sur une profondeur de 1^{m},50 sont retenues par un mur de pierres sèches; pour l'autre, il y a 1^{m},80 de feldspaths cassés entre des murs de béton.

L'effluent du bassin de décantation est distribué pendant 3 minutes, puis un arrêt de 6 minutes, au taux de 1780 litres par mètre carré et par jour. Les becs pulvérisateurs du pre-

mier lit furent ceux du type Columbus, pour le second lit ces becs furent modifiés, la hauteur de charge variait pour le premier de 1m,60 à 0m,48 et pour le second de 1m,70 à 0m,57. Le nombre des becs employés est respectivement de 218 et 254 pour la surface indiquée plus haut.

Les matériaux sont très différents, les scories sont rugueuses et poreuses de densité de 2,2 environ, tandis que les pierres sont lisses et homogènes de densité de 2,6; ni les uns ni les autres ne sont l'idéal des matériaux. Les scories résistent bien aux intempéries et paraissent assez durables, la rugosité de la surface permet mieux la culture des micro-organismes, mais elles ont le désavantage de retenir les matières en suspension. Les pierres ne se recouvrent pas aussi facilement de germes, mais elles laissent passer les films; elles ont, par contre, l'inconvénient de se tasser.

La surface des deux lits s'est recouverte d'algues vertes (oscillaires) qui ne produisirent pas de colmatage des filtres. On détruit facilement ces algues; en mettant hors service quelque partie des lits, elles se sèchent et sont entraînées ensuite par lavage lorsqu'on rétablit le fonctionnement. On les rencontre toute l'année, bien qu'elles soient plus abondantes en été, il semble que l'élimination des bactéries est plus grande lorsque la surface des lits est bien couverte de ces algues.

Pendant l'hiver, il y a accumulation de matières solides dans les lits, et elles sont déchargées à la saison chaude. Cet auto-nettoyage est un des avantages des lits à percolation qui, sans cela, ne pourraient plus fonctionner après un an ou deux, par suite de colmatage. Cette décharge, une fois commencée, n'est pas continue, mais dépend du temps et de la température. Au printemps, la décharge ne se fait pas jusqu'au milieu de l'après-midi et le matin suivant, elle s'arrête, mais reprend si le temps est chaud; l'exposition au soleil paraît augmenter la décharge de ces matières. La période dure quelques semaines, après lesquelles les matériaux sont aussi propres que s'ils avaient été lavés à la lance. On trouve alors dans les boues un grand nombre de vers blancs, et on peut supposer que la décharge des matières est due à leur activité.

Les odeurs qui se dégagent des lits n'ont jamais été fortes,

probablement par ce fait que l'eau d'égout n'a pas subi d'action septique, on ne les perçoit pas à plus de 100 mètres. L'odeur caractéristique est celle d'eau résiduaire de brasserie; lorsque les lits sont mis hors service, la décomposition des algues répand une odeur marécageuse.

Malgré l'auto-nettoyage, les filtres ont été quelquefois colmatés à la surface en hiver et au début du printemps. En été, on y remédie facilement en piochant la surface du lit à une profondeur de 0^{m},15; en hiver il est préférable de mettre les parties colmatées un certain temps hors service.

Le criblage et la décantation débarrassent suffisamment les eaux des matières en suspension, pour éviter l'oblitération fréquente des becs pulvérisateurs. Un homme peut facilement nettoyer les becs de dix lits de la surface indiquée, soit environ 4 hectares au total.

Le bassin de décantation des effluents des filtres a une capacité de 1360 mètres cubes. Les matières qui s'y déposent doivent être retirées aussitôt que la fermentation apparaît, car elle remet en suspension une partie du dépôt, tous les mois en été et tous les 3 ou 4 mois en hiver. Elles sont noires, d'odeur piquante, et se dessèchent rapidement sur la terre en donnant un humus inodore.

Dans son rapport pour 1910, M. Ed. B. Ulrich, ingénieur de la ville, fait remarquer une faute grave commise dans l'installation. Le bassin de décantation étant unique, lorsqu'on doit le nettoyer plusieurs fois par an, l'eau d'égout est envoyée à la rivière sans épuration. Pour y remédier, il faudrait diviser le bassin en deux parties, dont l'une resterait en fonctionnement, pendant que l'autre serait en nettoyage. Il faudrait aussi que l'eau du bassin en nettoyage fût épurée avant rejet à la rivière, ce qui n'est obtenu actuellement que partiellement; on pourrait pour cela faire de l'épandage sur sol aménagé avec drainage du sous-sol.

Les résultats pendant cette dernière année ont été un peu moins satisfaisants, car la quantité d'eau d'égout traitée s'est accrue beaucoup, elle a varié de 2240 à 2800 litres par mètre carré de lit bactérien par jour, et même en été, elle est passée de 2800 à 3360 litres par mètre carré et par jour. On a constaté un colmatage plus rapide des lits bactériens, et, par

suite, la formation de flaques d'eaux stagnantes à la surface. On a aussi remarqué que l'auto-nettoyage se fait lorsqu'on répand de l'hypochlorite de chaux à la surface des filtres. Dans la nuit du 7 février 1910, le thermomètre descendit à — 23° C (— 10 F), 75 becs pulvérisateurs d'un filtre furent gelés, tandis que pas un ne le fut pour un autre filtre; ceci montre qu'on doit avoir soin de recouvrir les tubes de distribution, pour éviter le refroidissement pendant les hivers rigoureux.

CHAPITRE IX

LES PROGRÈS DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE DES EAUX D'ÉGOUT DANS LES PAYS CHAUDS

Étude de l'assainissement de la ville d'Hanoï (Tonkin)

Par Gabriel Lambert
Pharmacien-major de 2e classe des troupes coloniales.
Directeur du laboratoire d'hygiène de l'Indo-Chine.

I

MOYENS D'ÉVACUATION ET DE DESTRUCTION DES IMMONDICES EN USAGE A HANOÏ

La ville d'Hanoï, située par 21°58 de latitude Nord et 105°29 de longitude Est, s'étend sur la rive droite du fleuve Rouge, sur une longueur d'environ 4 kilomètres et occupe une superficie de 945 hectares 25 ares 49 centiares. Elle est ceinturée par une zone suburbaine d'une longueur moyenne de 5 kilomètres. Capitale de l'Indochine, siège du gouvernement et de tous les services généraux, elle a pris, dans ces dernières années, un développement considérable. C'est ainsi, que depuis 1899, le nombre des maisons européennes a plus que doublé, et qu'il s'est construit plus de 2000 maisons annamites.

La population se compose de :

3000	Européens environ
2150	Chinois »
60	Japonais »
50	Indiens »
100 000	Annamites »

La population asiatique est très dense. La population européenne, au contraire, est répartie sur une surperficie considérable. Chaque maison, sauf dans quelques rues, est entourée

d'un jardin et de longs boulevards ne sont bordés que par quelques habitations.

De l'étendue exagérée de la ville (sa superficie est le 1/8,25 de celle de Paris), résultent de sérieuses difficultés pour son assainissement. Pour établir dans toutes les rues des chaussées et des trottoirs parfaitement entretenus, une distribution d'eau pure abondante, une canalisation pour l'écoulement des eaux usées, etc..., il faudrait en effet, de grands sacrifices d'argent.

TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT EXISTANTS

Il a été fait à Hanoï d'importants travaux d'assainissement :

Les mares du centre de la ville ont été comblées. Celles qui existent encore autour du centre urbain servent actuellement de régulateurs, pour recevoir les grosses pluies d'été.

Tous les terrains du quartier urbain ont été exhaussés, nivelés.

Un réseau d'égouts d'une longueur de 26 kilomètres, ayant entraîné une dépense approximative de 1 300 000 francs, a été construit. Il a une section qui varie de $\frac{0,85}{0,60}$ à $\frac{1,60}{1,70}$. Sa pente commandée par le terrain est généralement inférieure à 1 millimètre par mètre et ne dépasse guère 2 millimètres. Il évacue ses eaux par trois collecteurs qui débouchent à l'extrémité des boulevards Armand-Rousseau, Carnot et Félix-Faure. Ce réseau, qui, par suite de sa faible pente, ne peut recevoir que les eaux ménagères et les eaux de pluie [1], est fort insuffisant. La ville indigène, surtout, est mal desservie et quelques quartiers, tel le quartier Gambetta, sont souvent inondés à la saison des pluies.

ÉVACUATION DES EAUX MÉNAGÈRES, DES EAUX INDUSTRIELLES ET DES EAUX FLUVIALES

Les eaux ménagères proviennent des cuisines, cabinets de toilette, salles de bains, buanderies ; les eaux industrielles

[1] On ne peut envoyer les eaux-vannes à l'égout sans un dispositif spécial assurant leur circulation rapide et leur épuration.

sont généralement envoyées à l'égout dans les rues desservies par le réseau. Dans le reste de la ville, elles sont jetées sur le bord de la chaussée, ou répandues sur les terrains qui avoisinent l'habitation.

Les eaux de pluie, après avoir lavé les toits et le sol, sont évacués par l'égout lorsque celui-ci existe. Dans le cas contraire, elles se rendent dans les parties basses de la ville, qu'elles inondent parfois.

Les eaux des égouts s'écoulent difficilement après leur sortie du réseau. Celles qui s'échappent du collecteur du boulevard Carnot, donnent naissance à un ruisseau, le Song-Tô-Lich, qui longe la route du village du papier. Ce ruisseau, dont le cours est très lent, est utilisé par les indigènes pour laver leurs légumes et faire leurs ablutions. Les eaux qui viennent du boulevard Félix-Faure forment tout d'abord une mare où les Annamites cultivent des plantes comestibles. Elles se perdent ensuite sur les terrains avoisinants. Enfin, les eaux qui s'échappent du collecteur du boulevard Armand-Rousseau s'écoulent au milieu d'habitations annamites, se mêlent en partie aux eaux des mares voisines, servent à l'irrigation de quelques terrains et finissent par se réunir aux eaux de Song-Tô-Lich.

On voit tous les dangers que présente cet état de choses, et combien ces dangers seraient augmentés si les égouts recevaient les eaux-vannes. Déjà, les effluents de quelques fosses septiques qui ont été installées à Hanoï, mais que l'administration municipale n'a pas autorisées, augmentent considérablement la nocivité des eaux d'égout. On n'a, pour s'en rendre compte, qu'à se transporter aux exutoires du boulevard Félix-Faure et du boulevard Armand-Rousseau. Là, les eaux, mélange d'eaux de pluie et d'eaux ménagères, sont certainement sales, mais ne dégagent pas d'odeurs appréciables, et ne sont pas le siège de fermentations manifestes. Ici au contraire, où les effluents d'un certain nombre de fosses septiques ne sont joints aux eaux de pluie et aux eaux ménagères, l'eau dégage une odeur infecte et bouillonne continuellement sous l'influence de fermentations très actives. Elle est éminemment dangereuse pour les riverains.

L'ÉVACUATION DES MATIÈRES EXCRÉMENTITIELLES

L'évacuation des urines et des matières fécales se fait au moyen de tinettes mobiles.

Le cahier des charges du contrat passé entre la ville et l'entrepreneur, le règlement de police de la ville d'Hanoï, stipulent les conditions dans lesquelles doit se faire ce service.

Les tinettes en zinc ou en tôle de fer galvanisé du modèle règlementaire, parfaitement étanches et en nombre d'une tinette par cinq habitants, doivent être enlevées quotidiennement dans les bâtiments administratifs et au moins tous les quatre jours chez les particuliers. Elles doivent être remplacées aussitôt par des tinettes très propres, désinfectées au lait de chaux. Les latrines doivent être balayées, nettoyées et lavées à chaque vidange et badigeonnées au lait de chaux tous les huit jours. Il est bien interdit de transvaser les tinettes enlevées. Elles doivent être portées, munies d'un couvercle métallique, dans des voitures solides, bien confectionnées et bien propres, au dépotoir situé entre l'ancienne butte de tir et le village de Giang-Vu, où elles sont vidées. Là les matières excrémentitielles doivent être additionnées d'un centième de chaux vive, puis vendues comme engrais ou mises dans des fosses étanches en maçonnerie et ciment. En cas d'épidémie ces matières doivent être enfouies. Les vidanges doivent se faire de 3 h. 1/2 à 5 h. 1/2 du 15 avril au 15 octobre et 4 h. 1/2 à 6 h. 1/2 du 15 octobre au 15 avril. Enfin les entrepreneurs sont tenus d'avoir un nombre de tinettes suffisant pour pouvoir assurer convenablement leur service.

Si ce règlement était bien observé et à la condition que les latrines fussent munies d'un sol imperméable, que le réduit où est logée la tinette fût bien isolé du reste de l'habitation et que les tinettes fussent enlevées avant la fermentation des matières (tous les jours ou au moins tous les deux jours), ce système de vidanges pourrait être accepté par l'hygiène. Malheureusement il n'en est pas ainsi.

Les tinettes réglementaires sont dans beaucoup de maisons remplacées par les récipients les plus divers, des pots de grès,

des touques de pétrole, etc..., ordinairement mal étanches. La désinfection des tinettes ne se fait généralement pas et la plupart des cabinets sont mal tenus. Mais ce qui est plus grave, c'est qu'au lieu d'être portées au dépotoir dans la tinette même, les matières sont souvent transvasées sur place ou sur la voie publique. Souvent aussi, des indigènes viennent prendre ces matières qu'ils transvasent et emportent dans des paniers.

L'administration municipale a fait son possible pour faire cesser ces pratiques dangereuses ; elle n'y a réussi qu'en partie.

Arrivées au dépotoir, les matières sont vidées dans de grandes fosses creusées en terre. Ces fosses ne sont ni étanches, ni maçonnées et il y a là un danger de contamination des eaux souterraines très réel. A peine vidées les matières sont reprises par une foule d'indigènes qui les portent, avec des paniers, dans leurs rizières.

Ce transport d'excréments non désinfectés au moyen de paniers, qu'on peut voir dans les rues mêmes de la ville, ne se fait pas, on le pense bien, sans qu'il ne s'en répande une partie sur la chaussée et au voisinage des habitations.

Les vidanges produisent donc à Hanoï une infection constante du sol : infection des voies de la ville, infection des routes de la banlieue, infection profonde des terrains du dépotoir, avec danger de contamination de la nappe souterraine et cette infection du sol est certainement un facteur de morbidité important, surtout en ce qui concerne les affections intestinales. Le meilleur moyen de l'empêcher serait d'installer le tout à l'égout. Mais comme de tels travaux ne pourront être accomplis avant plusieurs années, il serait bon de prendre, en attendant, des mesures capables de placer la ville d'Hanoï dans la meilleure situation hygiénique possible. Il faudrait faire cesser les pratiques dangereuses que je viens de signaler. Il suffirait pour cela d'exercer une surveillance très active sur les vidanges et de modifier le système actuellement en usage.

Nous indiquerons plus loin les modifications qu'à notre avis il y aurait lieu d'apporter.

Comme nous l'avons dit plus haut, toutes les matières

excrémentitielles ne sont plus évacuées au moyen de tinettes.

Il a été établi à Hanoï, sans autorisation, il est vrai, de l'administration municipale, quelques fosses septiques qui envoient leur trop plein dans l'égout. On a suivi en cela l'exemple de Bordeaux et de Marseille, où ces fosses sont nombreuses. Nous estimons qu'avec les ouvrages d'assainissement existants, ces installations sont susceptibles de compromettre la salubrité de la ville et de ses environs. En effet, les fosses septiques, ordinairement mal étanches, polluent souvent les sous-sols de leurs infiltrations, infectant l'atmosphère environnante. Elles évacuent, en outre, un liquide capable de contaminer gravement les cours d'eau, lacs ou étangs. Car, comme le dit Bonjean[1], « l'effluent de ces appareils renferme des gaz et des produits puants et putrides (hydrogènes carboné et sulfuré, sulfures, scatol, amides), des substances toxiques et un nombre incalculable de germes ».

On peut s'imaginer quelle serait la situation hygiénique d'Hanoï et de ses environs si chaque maison, chaque établissement, était pourvu d'une fosse septique se déversant dans l'égout actuel. L'atmosphère de la ville serait infectée et les populations indigènes riveraines des cours d'eau formés par les eaux des égouts, qui, comme je l'ai dit, se servent de ces eaux ou d'eaux auxquelles elles se sont mêlées pour les usages domestiques, seraient placées dans des conditions d'insalubrité très grande et exposées à des épidémies redoutables. Si à Marseille, à Bordeaux, à Genève, les fosses septiques ont pu être acceptées, c'est que les égouts s'y déversent dans la mer ou dans un fleuve au débit très considérable.

Nous n'avons d'ailleurs qu'à enregistrer l'avis de savants distingués, du Conseil supérieur d'hygiène publique et du Conseil d'hygiène du département de la Seine sur les fosses septiques :

Proposé par la ville de Toulon, le système des fosses septiques n'a pas été adopté par le comité consultatif d'hygiène publique de France, conformément aux rapports de MM. Brouardel, Bergeron et Martin (1888).

(1) Épuration biologique intensive des eaux résiduaires domestiques et des matières excrémentitielles, par Ed. Bonjean, chef de laboratoire et membre du Conseil supérieur d'hygiène publique. *Revue d'hygiène municipale*, octobre 1906, p. 455.

Un échec semblable eut lieu à la suite du rapport de MM. Gariel et Ogier (1904) pour le projet de déversement dans la Saône des liquides issus des appareils dits « fosses Mouras ».

Au Congrès de chimie appliquée de Rome, en 1906, M. Ramsay s'exprime ainsi : « En tout cas, l'effluent, qu'il vienne des fosses de décantation chimique ou de là fosse septique, ne doit jamais être envoyé aux rivières. »

M. le Dr Calmette, directeur de l'Institut Pasteur de Lille, dit[1] : « En ce qui concerne les villes, la question est jugée ; loin d'encourager, comme le font encore quelques municipalités, l'établissement de ces fosses ou d'autres appareils analogues, il faut les proscrire au même titre que les fosses fixes, et les villes désireuses de réaliser leur assainissement ne doivent pas hésiter à adopter le tout à l'égout, séparatif de préférence, aboutissant à une installation d'épuration. »

Enfin, le Conseil supérieur d'hygiène publique et le Conseil d'hygiène du département de la Seine se sont prononcés pour l'interdiction absolue du déversement direct dans les égouts des eaux-vannes provenant des fosses septiques.

ÉVACUATION DES IMMONDICES SOLIDES (GADOUES)

Il n'est pas besoin d'insister sur l'utilité sanitaire de la propreté de la rue, de l'enlèvement rapide des immondices solides, boues et ordures ménagères. C'est sur la façon dont ces services fonctionnent que beaucoup de personnes jugent de la salubrité d'une ville.

A Hanoï, l'enlèvement des immondices solides est fait tous les jours de 6 heures à 9 heures du matin du 15 avril au 15 octobre et de 7 heures à 10 heures du 15 octobre au 15 avril. Ce service, confié à un entrepreneur, comprend, d'après le cahier des charges, l'enlèvement et le transport au dépotoir de la ville :

1° Des résidus ménagers déposés par les habitants devant

(1) *Épuration des eaux d'égout* (Traité d'hygiène Chantemesse et Mosny), par le Dr A. Calmette, 1910.

leurs immeubles, dans des récipients transportables, construits de telle sorte qu'ils ne puissent en laisser échapper le contenu;

2° Des résidus et détritus provenant des jardins, du fumier provenant des écuries, le tout déposé également dans des récipients transportables;

3° Des boues, immondices et résidus provenant du balayage des voies publiques, du nettoyage ou curage des fossés, caniveaux, bouches d'égout, etc..., le tout mis en tas par les cantonniers sur le côté des chaussées des voies publiques.

L'entrepreneur est tenu de faire balayer les endroits où se fait l'enlèvement, de manière qu'il ne reste aucun résidu sur la voie publique, L'enlèvement doit se faire au moyen de tombereaux numérotés, de la contenance moyenne de 2 mètres cubes, construits de façon à ne pas laisser échapper de matières et en nombre assez grand pour assurer convenablement le service. Le passage de ces tombereaux est annoncé par une forte clochette fixée sur le devant de la caisse ou agitée par un coolie. Les résidus des marchés sont enlevés à partir de 5 heures. Tout le matériel en service doit être en parfait état d'entretien. Les terres provenant du curage des caniveaux, du décapement des accotements, du nivellement des trottoirs, peuvent seules, avec l'autorisation écrite du chef de service de la voirie, être transportées en d'autres points que le dépotoir. Des agents de la police et de la voirie constatent la propreté des rues et des amendes peuvent être infligées à l'entrepreneur toutes les fois que les conditions du cahier des charges n'ont pas été observées.

On ne peut que reconnaître les efforts faits par l'administration municipale pour assurer la propreté des rues. Elle a grand mérite à y parvenir, car sa tâche est ingrate. Si, en effet, la majorité des Européens déposent les résidus de leurs maisons dans des caisses ou des paniers facilement transportables, les indigènes se contentent de les déverser sur la chaussée. C'est une coutume regrettable, qu'il faudrait faire disparaître. Sans s'exagérer le danger que présentent les gadoues, il serait bon aussi que les récipients dans lesquels on les dépose, fussent métalliques, étanches et couverts. Les tombereaux devraient également être étanches et couverts

pendant le transport, pour empêcher les poussières de tomber ou d'être enlevées par le vent.

Les immondices solides enlevés quotidiennement de la ville sont transportés au dépotoir. Là, ils sont mis et laissés en tas pendant plusieurs mois. Ils constituent alors un terreau (gadoues faites) qui est un engrais excellent, très apprécié des Annamites.

II

MODIFICATIONS QU'IL Y AURAIT LIEU D'APPORTER AUX MOYENS D'ÉVACUATION DES IMMONDICES EN USAGE A HANOÏ

Évacuation des immondices liquides.

Nous avons montré que les vidanges produisent à Hanoï une infection constante du sol avoisinant l'habitation, des voies de la ville, des routes de la banlieue, une infection profonde des terrains du dépotoir. Nous avons dit que le meilleur moyen d'empêcher cette dissémination des germes, souvent très dangereux, contenus dans les matières excrémentitielles, serait l'envoi de ces matières à l'égout.

Au point de vue de l'hygiène, les égouts devraient assurer l'évacuation rapide des immondices qu'ils recevraient, sans qu'il pût en résulter de danger pour la ville et les agglomérations et campagnes voisines.

EMPLOI DES ÉGOUTS UNITAIRES

Ces conditions ne pourraient être réalisées par un réseau du système unitaire, obtenu en complétant les égouts existants (réseau pluvial), sans des dépenses considérables d'établissement et d'exploitation.

En effet, la plus grande partie de ce réseau, qui devrait être à grande section et autant que possible visitable, serait encore à créer. De plus, comme sa pente serait insuffisante, il faudrait le pourvoir d'appareils élévatoires et d'appareils de chasse assez importants pour assurer l'évacuation rapide des eaux vannes. Mais les difficultés résideraient surtout dans

l'évacuation des eaux à leur sortie des égouts. On ne pourrait les envoyer dans les mares, les petits cours d'eau voisins d'Hanoï, sans les transformer en égouts à ciel ouvert et exposer aux plus grands dangers les populations riveraines, qui se servent de leurs eaux pour les usages domestiques. Il faudrait donc les épurer. Pour cela on ne pourrait recourir à l'épandage, les terres qui entourent la ville ne convenant pas; la plupart sont immergées, toutes ont un sol argileux et ne sauraient être convenablement aménagées. On serait obligé de soumettre ces eaux à un traitement biologique (fosses septiques et lits bactériens), lequel nécessiterait leur élévation souvent impossible à cause du volume, ou à un traitement chimique. Et il n'est pas douteux que, même épurées, ces eaux ne pourraient être mêlées à celles de petits cours d'eau sans les rendre impropres aux usages domestiques. Étant donnée l'étendue de la ville (945 hectares 25 ares 49 centiares), on peut se faire une idée de ce que coûterait l'établissement et l'exploitation dans de bonnes conditions d'hygiène d'un pareil système d'assainissement.

EMPLOI DES FOSSES SEPTIQUES

Certains prétendent qu'on pourrait supprimer les vidanges à Hanoï, en se servant du réseau actuel, par le système des fosses septiques.

A notre avis, ce système est inacceptable pour les raisons suivantes :

1° Les fosses septiques ne pourraient se répandre dans la ville indigène, qui, renfermant les 14/15 environ de la population, est surtout dangereuse pour la salubrité d'Hanoï dont on doit tout particulièrement souhaiter l'assainissement.

2° Elles sont susceptibles de nuire à l'hygiène de la ville.

3° Elles évacuent un liquide capable de contaminer gravement les cours d'eau, mares ou étangs et rendraient nécessaire l'épuration des eaux d'égout.

L'application rationnelle de ce système demanderait donc de grandes dépenses et elle ne réaliserait que l'assainissement défectueux d'une partie de la ville.

Avec les égouts actuels, les fosses septiques constituent, comme nous l'avons montré, un danger pour la salubrité d'Hanoï et de ses environs.

EMPLOI DES ÉGOUTS SÉPARATIFS

Les immondices liquides de toute la ville peuvent être évacués, au contraire, d'une façon économique et dans des conditions d'hygiène parfaite, par des égouts du système séparatif, c'est-à-dire ne recevant que les eaux ménagères et les déjections.

Dans l'établissement de ce réseau, la ville serait divisée en secteurs. Les eaux usées de chaque secteur seraient conduites dans une cuve souterraine, étanche et bien close, d'où elles seraient extraites à l'aide d'appareils élévatoires, mûs par l'électricité, pour être amenées à une usine d'épuration. Il suffirait de 15 stations de pompage (la ville divisée en secteurs) qui seraient installées de façon à assurer l'évacuation rapide des immondices liquides de toute la ville.

Des canalisations parcourant toutes les rues amèneraient par gravité les eaux usées aux stations. Elles seraient faites de tuyaux en grès vernissé, de 20 à 40 centimètres de diamètre, posés avec une pente convenable. Des chasses périodiques assureraient leur bon fonctionnement.

Les appareils élévatoires seraient des pompes centrifuges que M. Bechmann recommande vivement. Leur mise en marche et leur arrêt seraient automatiques. Si on leur préférait les éjecteurs Shone, appareils robustes qui ont reçu de nombreuses applications, on devrait augmenter le nombre des stations élévatoires.

Les eaux des stations de pompage seraient envoyées à l'usine d'épuration, établie entre le fleuve Rouge et la digue située à l'extrémité du boulevard Armand Rousseau, par des conduites de refoulement. Ces conduites seraient faites de tuyaux de fonte de diamètre suffisant. Elles viendraient toutes aboutir à la conduite maîtresse passant par la rue de Bac-Ninh, le boulevard Amiral-Courbet, le boulevard Bobillot et amenant directement toutes les eaux usées à l'usine d'épuration.

L'épuration serait obtenue en utilisant les actions microbiennes qui seules peuvent donner une eau claire, limpide et imputrescible.

Outre les machines pour la production de force, l'usine comprendrait :

1° Des fosses à sable munies de grilles, d'un volume égal au 1/20 de celui des eaux à traiter journellement, qui arrêteraient les corps flottants un peu volumineux et les matières minérales non putrescibles.

2° Des fosses septiques (bassins de digestion) d'un volume égal à celui des eaux à traiter journellement, où les matières organiques seraient dissoutes et transformées en produits plus simples.

3° Des lits bactériens (lits d'oxydation) du système percolateur, d'une surface de 1 mètre carré par mètre cube d'eau à traiter journellement, où les matières organiques seraient minéralisées.

Les fosses à sable et les fosses septiques seraient entièrement couvertes pour éviter la pullulation des insectes [1]. L'eau arriverait à un niveau assez élevé pour que sa distribution dans les fosses et sur les lits bactériens, ainsi que son écoulement au fleuve, pussent se faire par gravité. La répartition de l'eau sur les lits bactériens serait assurée par des siphons automatiques à décharge intermittente, du type Parenty, et des canaux de distribution formés de drains en terre cuite ou de tuyaux métalliques latéralement perforés en quinconce, dispositif indiqué par M. le Dr Calmette, qui donne toute satisfaction à la station d'essai de l'hôpital de Lanessan et qui présente sur les autres systèmes les avantages d'éviter les odeurs désagréables, et d'être le plus robuste, le plus économique et celui qui fonctionne avec la dénivellation la plus faible. A la sortie des lits bactériens les eaux épurées seraient utilisées pour l'irrigation agricole des terrains compris entre le fleuve et la première digue ou envoyées au fleuve, sans danger pour la santé publique.

Comme on le voit, ce système (égout séparatif et pompes élevant les eaux usées à une usine d'épuration biologique)

[1] Cette couverture pourrait être faite très économiquement avec des feuilles de plomb montées sur cadre en bois.

réaliserait d'une manière aussi parfaite que possible l'assainissement de la ville d'Hanoï. Pour qu'il fût à même de supprimer entièrement les vidanges, il faudrait construire sur un certain nombre de points de la ville des latrines publiques qui serviraient aux habitants des maisons qu'on ne peut raccorder à l'égout et à la population flottante.

L'exécution d'un projet, fait d'après ces données, ne demanderait pas de trop fortes dépenses. Ces dépenses seraient en tout cas beaucoup moins élevées que celles qu'entraînerait l'exécution d'un des projets déjà proposés et surtout l'établissement d'un réseau unitaire complet.

EMPLOI D'APPAREILS D'ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DOMESTIQUES

Il serait possible, comme nous allons le voir, de faire encore une grosse économie.

Comme nous l'avons dit déjà, la population européenne d'Hanoï est répartie sur une étendue considérable, où de grands espaces sont encore à bâtir. C'est ainsi que le boulevard Bobillot, le boulevard Rialan, le boulevard Carnot, l'avenue Puginier, etc., ne sont bordés que de quelques habitations. L'évacuation des immondices par l'égout séparatif, dans les parties de la ville où la population est si clairsemée, aurait l'inconvénient d'une longueur disproportionnée de canalisation et de dépenses excessives d'établissement et d'exploitation.

Il serait possible d'ajourner ces dépenses tout en supprimant cependant les vidanges. Pour cela, les maisons des quartiers que ne desservirait pas le réseau séparatif devraient être pourvues d'un appareil qui, recevant les eaux ménagères, les urines et les matières fécales, n'évacuerait qu'un liquide épuré. Cet appareil, dont il existe déjà un type excellent [1], comprendrait une fosse septique et un lit bactérien d'oxydation, le tout parfaitement étanche. Il devrait donner un effluent imputrescible qui pourrait être envoyé, sans inconvénient sérieux, sur les terrains placés à une certaine distance de

[1] Appareil de M. Degoix, ingénieur à Lille (Nord).

l'habitation ou à l'égout. Son application pourrait se faire dans la partie de la ville située au sud du boulevard Carreau et à l'Ouest de la rue de l'Est.

Cette solution permettrait donc d'ajourner l'établissement du réseau séparatif dans presque la moitié de la ville. Il en résulterait une économie qui serait surtout considérable, si Hanoï ne se développe pas davantage, ou ne se développe que dans un temps assez éloigné.

L'application du système serait peu coûteuse. En effet, les appareils d'épuration seraient installés par les propriétaires et leurs effluents pourraient être envoyés dans le réseau existant complété, comme nous le dirons en parlant de l'écoulement des eaux de pluie. Il suffirait en somme d'établir dans quelques rues une canalisation en tuyaux de grès qui resteraient d'ailleurs utilisables pour l'extension du réseau séparatif.

On se demandera peut-être si les appareils dont nous venons de parler ne pourraient servir également dans tous les quartiers d'Hanoï. Nous pensons qu'on ne saurait les conseiller dans les rues suffisamment peuplées, où il faut autant que possible éviter les collectionnements et assurer une évacuation rapide des immondices. Nous ne les avons indiqués comme applicables que dans les parties de la ville où les maisons sont en général bien séparées, souvent même assez distantes et où par conséquent les inconvénients du voisinage n'existent pour ainsi dire pas. Et nous ne les avons indiqués que comme un moyen permettant, dans le cas où la dépense pour l'établissement et l'exploitation du réseau complet d'égouts séparatifs serait trouvée trop élevée, de réaliser une grande économie en même temps qu'une amélioration de l'hygiène. Mais nous estimons que si ce système d'assainissement était appliqué, il devrait être remplacé par l'égout séparatif, système beaucoup plus parfait, dès que le nombre des habitations serait assez élevé pour en permettre l'établissement et l'exploitation sans dépenses excessives.

On dira sans doute et nous avons été tout d'abord de cet avis, qu'il serait possible de faire encore une grande économie

en rejetant les eaux d'égout au fleuve sans épuration. On donnera comme raisons le débit considérable du fleuve Rouge et l'absence de grandes agglomérations sur une distance de 50 kilomètres en aval de la ville. Mais le fleuve est bordé sur tout son parcours de nombreux villages. Or, ces villages, les nombreux bateliers qui parcourent le fleuve Rouge et les deux centres importants situés en aval de Hanoï : Hung-Yên (1800 habitants) à 50 kilomètres, Nam-Dinh (45 000 habitants) à 80 kilomètres, consomment les eaux du fleuve. On ne pourrait donc mêler à ces eaux les eaux d'égout non épurées d'une ville de plus de 100000 habitants, où les épidémies d'origine hydrique (dysenterie, choléra) sont assez fréquentes, sans grands dangers pour la santé publique.

Cette pratique serait d'autant plus condamnable qu'on dispose aujourd'hui de procédés permettant d'épurer économiquement les eaux d'égout et que les eaux épurées, étant très riches en principes fertilisants, seront une source sérieuse de revenus en les utilisant pour l'irrigation agricole des terrains compris entre le fleuve et la première digue.

MESURES TRANSITOIRES

Comme l'établissement d'un réseau d'égouts complet demandera plusieurs années, il serait nécessaire de prendre, en attendant, des mesures suffisantes pour assurer l'évacuation des matières excrémentitielles sans danger pour la salubrité de la ville. Car, ainsi que nous l'avons montré, le système en usage à Hanoï produit une infection constante du sol avoisinant l'habitation, des voies de la ville, des routes de la banlieue.

Cette dissémination de germes souvent très dangereux pourrait être empêchée par :

1° Une surveillance très active des vidanges.

2° La modification du système en usage.

Il faudrait exiger des tinettes du modèle réglementaire étanches, une désinfection fréquente des latrines qui devraient être munies d'un sol imperméable, le remplacement des tinettes enlevées par des tinettes désinfectées. Il faudrait

punir d'une forte amende tout transvasement de matières fécales.

Un autre moyen d'empêcher les transvasements serait de jeter dans les tinettes une petite quantité de poudre absorbante qui, augmentant la consistance des matières, les rendrait très difficiles à transvaser. On pourrait utiliser la terre sèche additionnée de 10 pour 100 de chaux vive ou, à défaut de ce mélange, la terre sèche, la poussière des routes, etc.

Les tinettes devraient être portées directement au dépotoir et vidées dans une fosse en maçonnerie étanche. Là, les matières excrémentitielles seraient additionnées d'une petite quantité de terre et le mélange abandonné pendant un mois. Le compost obtenu pourrait alors être vendu comme engrais. En temps d'épidémie, la terre serait remplacée par de la chaux à la proportion minimum de 2 pour 100.

Enfin, les tinettes devraient toujours être désinfectées, avant la mise en service, avec du lait de chaux fraîchement préparé à 20 pour 100.

ÉVACUATION DE L'EFFLUENT DU RÉSEAU PLUVIAL

Si les égouts du système séparatif étaient adoptés pour l'assainissement de la ville d'Hanoï, le réseau pluvial devrait, par mesure d'économie, rester aussi rudimentaire que possible. Il faudrait, partout où cela se pourrait, laisser les eaux de pluie ruisseler sur le sol (caniveaux), pour les recevoir dans l'égout aux points bas. On n'aurait donc qu'à compléter de quelques tronçons le réseau existant.

Au point de vue de l'hygiène, les eaux des égouts pourraient être évacuées dans de bonnes conditions de la façon suivante :

Ces eaux seraient envoyées tout d'abord dans des bassins d'épuration. Pour cela, suivant l'avis de M. le chef de la voirie, on écoulerait l'effluent des égouts du boulevard Carnot et du boulevard Félix-Faure par un collecteur passant route Mandarine, en construisant un égout qui partirait de l'extrémité du boulevard Carnot, passerait par la voie 55 et l'avenue Puginier et un égout qui, passant par la voie 55, relierait

cette canalisation à l'égout du boulevard Félix-Faure. Le collecteur de la route mandarine évacuerait en même temps les eaux tombées sur les quartiers situés du côté de la Gare. On construirait encore, route de Hué, un collecteur qui évacuerait les eaux pluviales d'un certain nombre de quartiers sud d'Hanoï et suppléerait le collecteur du boulevard Armand Rousseau. Enfin, les eaux des trois collecteurs seraient menées, par des canaux à ciel ouvert, dans les bassins dont nous venons de parler, situés entre le lazaret de Bach-Mai et la route Mandarine.

Pour éviter les grandes dépenses, ces bassins seraient établis en terre, ce que permet la nature du terrain. Ils auraient pour but d'empêcher, autant que possible, la pollution des petits cours d'eau qui recevraient les eaux d'égout. Ils rendraient surtout de grands services si les appareils d'épuration des eaux résiduaires domestiques, dont nous avons parlé, étaient appliqués dans la ville ou si les égouts recevaient, comme en ce moment, des eaux ménagères et des eaux-vannes. Ils auraient une capacité suffisante pour contenir les eaux usées (eaux provenant des habitations, du lavage des rues, etc.) de vingt-quatre heures et les eaux des petites pluies. Disposés pour fonctionner comme fosses septiques, ils auraient une longueur de 50 mètres environ, une profondeur de 3^{m},50 et l'eau y circulerait avec un courant ne dépassant pas 50 mm. à la minute. Ils seraient précédés de bassins de moindre volume, munis de grilles, qui arrêteraient les corps flottants et les sables. L'arrivée de l'eau dans les bassins serait réglée au moyen de vannes.

A leur sortie, les eaux pourraient être envoyées soit en irrigation sur les terrains en culture compris entre la route de Hué, la route circulaire et la route Mandarine, soit dans un canal qui les évacuerait dans le Song-Tô-Lich.

Selon le projet de M. le chef de la voierie, le Song-Tô-Lich serait mis lui-même en communication, par un canal, avec le Song-Nhuê-Giang, pour rendre l'évacuation des eaux plus facile.

Les bassins d'épuration produiraient une amélioration très grande des eaux d'égout. Ils les débarrasseraient de la plus grande partie des germes pathogènes et des matières en sus-

pension qu'elles contiendraient et feraient subir d'importantes transformations aux substances dissoutes. C'est d'ailleurs le seul procédé qui puisse être économiquement appliqué dans le cas. En effet, les procédés chimiques, sans donner des résultats bien meilleurs, demanderaient des frais d'exploitation très élevés, l'épandage ne pourrait être appliqué faute de terres convenables et les lits bactériens nécessiteraient l'élévation des eaux, ce qui entraînerait de grandes dépenses.

Nous avons dit qu'à leur sortie des bassins les eaux seraient envoyées sur des terrains en culture. Cette irrigation serait très différente de l'irrigation agricole, telle qu'on la pratique en Europe. Les terrains sont, en effet, peu perméables et souvent même partiellement immergés. Elle n'aurait pour but que de détourner une grande partie des eaux d'égout, en les utilisant pour la culture sur un espace peu peuplé, des petits cours d'eau servant à l'alimentation, où on est obligé de les évacuer.

Les eaux que ne pourraient recevoir les terrains irrigués seraient envoyées dans le canal allant au Song-Tô-Lich.

Lorsqu'à la suite de pluies abondantes, l'effluent des égouts serait trop considérable, les eaux qu'on ne pourrait admettre dans les bassins d'épuration seraient envoyées directement (par le même canal) au Song-Tô-Lich. Ce déversement direct ne présenterait alors aucun danger sérieux, étant donné le volume des eaux d'égout et, par suite, la grande dilution de leurs éléments nocifs.

ÉVACUATION DES IMMONDICES SOLIDES

Nous avons déjà indiqué les améliorations que, dans l'intérêt d'hygiène, il y aurait lieu d'apporter au système d'évacuation des résidus ménagers en usage à Hanoï.

Ces résidus pourraient être incinérés dans des cellules Horsfall. Mais comme leur quantité n'excédera jamais les besoins de l'agriculture, il est plus simple et plus économique de continuer à les vendre comme engrais.

CHAPITRE X

ÉLIMINATION DES MATIÈRES EN SUSPENSION

Nouveaux appareils de décantation (¹).

Un brevet allemand n° 219 992 Kl 85 c, a été pris par *Karl Imhoff* : il a pour objet des dispositifs permettant, dans l'épuration biologique, d'utiliser les appareils de première décantation comme appareils de décantation des eaux qui sortent des lits percolateurs et inversement. Ce changement dans l'utilisation des bassins se fait de temps à autre : les boues de nature différente se trouvent ainsi mélangées, ce qui supprime la plupart de leurs inconvénients.

Grimm a fait breveter un nouveau modèle de bassin de décantation, dont le fond est constitué par un certain nombre d'entonnoirs *d* (fig. 8). Entre ces entonnoirs sont disposés

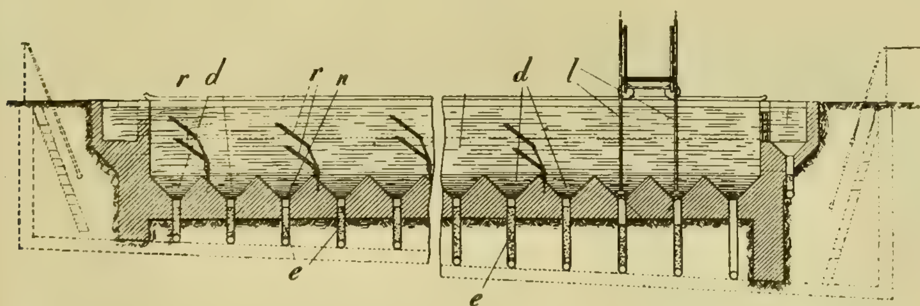


Fig. 8. — Bassins de décantation, système Grimm

des écrans *r* placés les uns au-dessus des autres comme des jalousies et dont l'ouverture tournée dans le sens du courant permet de recueillir les fines matières en suspension. Les boues s'accumulent ainsi exclusivement dans les entonnoirs.

(¹) D'après SCHALL. *Vasser und Abwässer*, t. III, p. 457 et t. IV, p. 67.

Pour l'évacuation des boues, l'orifice *n* de chaque entonnoir porte un tuyau qui isole le collecteur de boues *e* de l'entonnoir tout en permettant l'accès de l'air extérieur.

Constant Strohl a pris un brevet dans le but de séparer

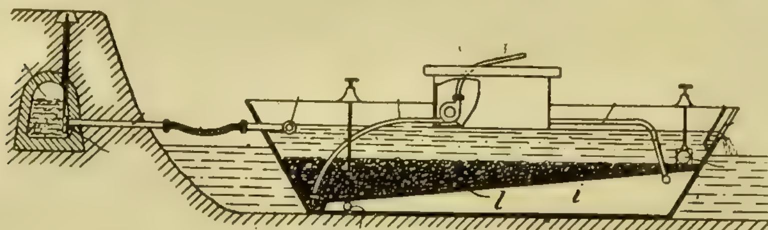


Fig 9. — Bassin de décantation flottant, système Strohl.

simplement et économiquement les matières en suspension dans les eaux d'égout. L'eau qui circule dans les canalisations est conduite dans un bassin de décantation flottant (fig. 9) placé dans la rivière qui reçoit l'eau clarifiée. Le fonds *e* de ce bassin est oblique ; l'espace inférieur *i* se remplit d'eau qu'on peut évacuer par l'air comprimé, ce qui fait basculer le bassin et facilite l'extraction des boues par la pompe.

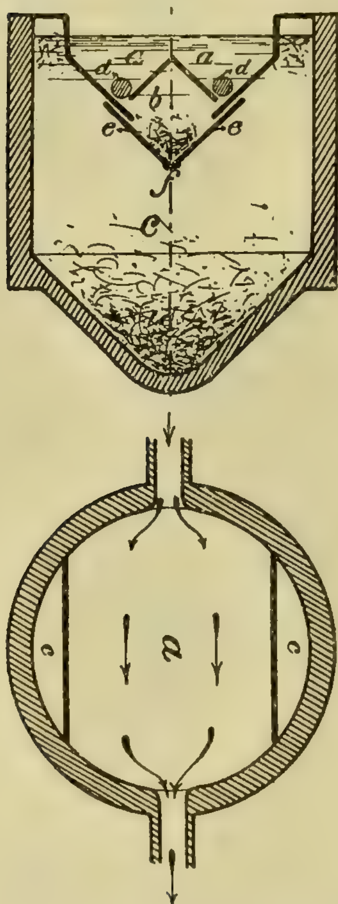


Fig. 10. — Décanteur à chambre de boues fraiches système Spillner et Imhoff.

Spillner et Imhoff, par un brevet allemand 224 976 Kl 85 c, ont perfectionné les décanteurs Emscher. Entre la cavité de décantation et la cavité qui sert de fosse septique, on dispose une troisième cavité où s'accumulent les boues fraîches, cavité qui communique avec les deux autres par des ouvertures qu'on peut fermer et qui empêchent ainsi tout courant entre la fosse de décantation et la fosse septique. L'eau à épurer traverse la fosse de décantation *a* (fig. 10) ; les boues fraîches qui se séparent tombent le long des parois obliques et se rassemblent dans la cavité à boues fraîches *b*

en passant par les orifices *d*, qui sont ouverts en travail normal, mais peuvent être fermés à volonté. Les boues fraîches sont évacuées au bout d'un certain temps, par des ouvertures *f*, dans la fosse inférieure. Ces ouvertures *f* sont fermées en travail normal et on ne les ouvre que pour évacuer les boues : on ferme alors pendant cette opération, les orifices *d* de sorte qu'il ne peut y avoir aucun mélange de l'eau de la fosse de décantation avec l'eau de la fosse septique. Ce dispositif est particulièrement avantageux quand l'eau qui arrive est notablement plus dense que l'eau qui se trouve dans la fosse septique (par exemple, par les grands froids ou dans le cas de forte contamination); elle a alors tendance à chasser l'eau de la fosse septique dans la fosse de décantation et le dispositif décrit ci-dessus évite cet inconvénient.

A propos des appareils Imhoff, Ch. Saville (1) a analysé les gaz qui s'y dégagent et les a trouvés composés de 35 pour 100 d'acide carbonique et de 65 pour 100 de méthane.

Dégrossissage des eaux d'égout par les tamis à mailles étroites (2).

La ville de Bromberg épure ses eaux résiduaires par épandage et les débarrasse des grosses matières en suspension par passage dans un tambour tamiseur mobile. L'eau arrive à la partie inférieure du tambour, dont l'axe est horizontal. Ce tambour est animé d'un mouvement de rotation au moyen d'un moteur électrique de 4 chevaux; sa longueur est de $0^{m},60$, son diamètre de $2^{m},50$; sa surface est percée de trous de 2 millimètres d'ouverture. Il est divisé en douze compartiments par des cloisons radiales. Les matières qui sont retenues dans chaque compartiment sortent de l'eau dans la rotation du tambour et viennent se déverser à la partie supérieure dans un entonnoir, le tambour jouant le rôle de roue élévatrice. Un souffleur à air comprimé de 50 millimètres de long sur $0^{mm},5$ de large souffle de l'autre côté des orifices du tambour,

(1) *Eng. Rec.*, 25 fév. 1911, p. 231.
(2) D'après METZGER, *Tech. Gemeindeblatt*, 1910-1911, t. XIII, p. 65, 67, 87, 90 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 371.

les débouche et projette les matières solides dans l'entonnoir d'où une rigole à secousses les conduit dans un bassin. L'eau qui a traversé le tambour s'écoule dans une fosse à sable et est alors reprise par les pompes pour être envoyée à l'épandage.

L'expérience pratique a montré que les grosses matières en suspension arrivent surtout dans le jour; à partir de 10 heures du soir et jusqu'au matin il est inutile de faire tourner les tambours.

Dans un contrôle de huit jours, on a constaté que la rotation du tambour doit se faire en 50 secondes : il est bon de prévoir plusieurs vitesses. Le souffleur fonctionne 85 fois par minute, ce qui suffit pour avoir un bon nettoyage. Un tambour consomme 0,9 kw, un souffleur 0,5 kw, la rigole à secousses 0,825 kw (un fonctionnement de quelques minutes par heure suffit). Un tambour peut traiter 245 mètres cubes à l'heure, soit en moyenne 4400 mètres cubes par jour avec les changements de débit. On a obtenu, avec 31 807 mètres cubes d'eau d'égout, 35123 kilogrammes de résidu, soit $1^{kg},14$ par mètre cube. Dans les moments où les eaux sont particulièrement chargées, on a recueilli 794 kilogrammes de résidus sur 269 mètres cubes d'eau traitée, soit $2^{kg},58$ par mètre cube. Le traitement revient à 33 centimes le mètre cube; ce chiffre s'abaisse à 15 centimes pour un traitement de 8800 mètres cubes par jour et même à 12 centimes si on supprime le travail de nuit.

L'emploi de grilles ou de tamis préliminaires est inutile avec ces tambours et la séparation des matières en suspension est aussi parfaite que possible. Ils ont été imaginés et mis au point par l'ingénieur Windschild.

Épuration des eaux d'égout par la boue carbonisée (1).

M. F. Jagger a pris un brevet pour un procédé d'épuration des eaux d'égout qui, d'après lui, est le seul qui produise un engrais de valeur et pas de boues.

Les eaux passent d'abord à travers une grille à nettoyage

(1) *San. Rec.*, 27 avril 1911, p. 400.

automatique, pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Les eaux traversent alors 3 grilles ou cages contenant des criblures de charbon de 25, 18 et 12 millimètres. Ces grilles sont automatiquement enlevées et portées dans un carboniseur et remplacées par d'autres; elles ont pour but de remplacer tous les systèmes de bassins de décantation. Le carboniseur est construit spécialement en fer avec des grilles au fond et sur les côtés, et des portes pour régler le tirage. Il est muni d'une cheminée pour évacuer les fumées. Il n'exige pas de combustible.

L'effluent à demi purifié est écoulé à la surface des filtres de 83 mètres carrés de surface et 0 m. 90 de profondeur. Les matériaux en sont disposés de la façon suivante : 0 m. 30 de scories au fond, puis 0 m. 30 de criblures de charbon de 25 millimètres, 0 m. 30 de criblures de 18 millimètres et finalement de la poudre de charbon à la surface. Lorsqu'un filtre est colmaté, on dirige les eaux sur un autre, et on renouvelle la couche superficielle. Un filtre peut fonctionner de une semaine à un mois et même plus, suivant la composition des eaux. La couche superficielle contient tous les produits fertilisants des eaux et forme un engrais de grande valeur. Les filtres peuvent épurer au moins 10 000 mètres cubes par jour.

D'après le brevet, le procédé est complet, car la boue produit presque suffisamment de carbone. Il est économique : la vente d'engrais peut payer les frais de main-d'œuvre; il n'y a pas de dépense excessive de produits chimiques, ni de bassins à boues et de presses, ni de travail scientifique à rémunérer; il est simple et un ouvrier malhabile peut le conduire; il peut enfin être facilement augmenté pour traiter tout volume d'eau d'égout.

Nouveau procédé de clarification des eaux résiduaires des villes et des eaux industrielles (1).

Ce procédé est basé sur les propriétés adsorbantes de l'argile brune très plastique, vis-à-vis des matières organiques

(1) D'après ROHLAND, *Zeitschr. f. d. gesamte Wasser Wirtsch.* 1910, n° 11, p. 175-179, et *Wasser und Abwässer*. t. III, p. 371.

les plus diverses : il permet d'épurer tout particulièrement les eaux très chargées de matières organiques et très difficiles à purifier des amidonneries, teintureries, sucreries, papeteries, tanneries, brasseries, savonneries distilleries, etc. Il suffit de mélanger l'argile finement moulue ou même en gros morceaux, pendant plusieurs heures dans des bassins avec l'eau à clarifier, et de laisser ensuite écouler le liquide décanté. Les dépôts peuvent être utilisés comme engrais.

Contrôle de la clarification mécanique des eaux d'égout.

Les appareils de clarification mécanique sont très en faveur en Allemagne, aussi s'est-on préoccupé de rechercher la méthode la plus pratique de contrôle des opérations. Deux travaux intéressants ont paru sur ce sujet.

M. K. Imhoff [1] a une grande autorité pour les questions d'élimination des matières en suspension dans les eaux d'égout par ses études et les appareils qu'il a proposés. Il ne faut pas confondre le contrôle de l'efficacité d'un appareil de décantation avec le contrôle des opérations qu'on y effectue : c'est ce dernier point de vue qui est envisagé dans ce travail. Ce problème plus simple comprend trois facteurs.

1° **Matières en suspension**. — Comme on considère la quantité de matières en suspension dans une eau d'égout comme un indice de pollution, il est indispensable de la déterminer avant et après sédimentation. L'importance de la réduction de ces matières obtenue dans l'effluent des appareils conçus dans ce but donnera donc, dans une certaine mesure, la quotité de l'épuration, et permettra de décider s'il y a lieu ou non de faire subir à l'effluent un traitement sur les filtres biologiques ; le contrôle de l'efficacité des appareils permet de s'en rendre compte. Mais, dans les installations où la décantation seule a été jugée suffisante, il y a lieu de contrôler la marche des appareils pour savoir si, à tout moment, les résultats sont bien ceux que l'on désirait. La détermination des matières en

[1] *Engineering Record*, 4 septembre 1910, p. 270, d'après la traduction de A. Laederer.

suspension dans l'effluent ne donne que peu d'indications : aussi a-t-on adopté de calculer le pourcentage de retenue des matières dans les appareils en comparant les déterminations faites sur l'eau avant et après leur passage dans les appareils. Il est peu ou pas important de savoir si le pourcentage se rapporte aux matières en suspension totales ou principalement à leur partie organique.

Le pourcentage de réduction des matières en suspension a permis de déterminer, par exemple, si on doit construire des bassins longs ou courts, si les bassins peu profonds et rectangulaires donneraient de meilleurs résultats que les bassins profonds et circulaires, et si un procédé est préférable à un autre. Cette méthode a été employée pour comparer les résultats obtenus avec une eau d'égout mais aussi ceux obtenus dans différentes villes.

Cette comparaison est toutefois délicate par suite des différences de composition des eaux d'égout. Ainsi, dans un bassin de forme définie et avec une vitesse donnée d'écoulement des eaux, dans le cas d'une eau d'égout diluée on peut obtenir une réduction de 40 pour 100 des matières en suspension; tandis que dans celui d'une eau d'égout normale elle sera de 70 pour 100 et même avec une eau très concentrée la réduction pourra atteindre 90 pour 100. Il s'en suit qu'on ne peut tirer des conclusions du pourcentage de réduction des matières en suspension pour un bassin de décantation que pour les eaux d'une certaine composition ou d'une ville particulière, et encore dans ce dernier cas la composition de l'eau d'égout est extrêmement variable. Pendant une forte pluie les eaux entraînent le sable des rues, et à ce moment on retiendra proportionnellement beaucoup plus de matières en suspension que par un temps sec. Dans d'autres cas, la pluie entraîne beaucoup de matières argileuses qui ne se déposent qu'en très faible proportion pendant la période de décantation et alors le pourcentage de réduction sera très faible. Par temps sec, la composition des eaux d'égout varie d'heure en heure suivant les habitudes de la population, et les nombres varieront aussi entre 40 et 90 pour 100 pendant un seul jour.

Si on veut attribuer une valeur au pourcentage de réduction des matières en suspension, les déterminations doivent être

effectuées par temps sec, et encore sur un grand nombre de jours pour éliminer les cas particuliers. On peut admettre alors que la moyenne donnera une indication sérieuse, mais cette indication ne pourra pas être appliquée à une autre eau d'égout.

Une cause d'erreur a passé longtemps inaperçue, c'est celle provenant de la détermination des matières en suspension par filtration. Dans les eaux d'égout une partie des matières en suspension peut se déposer pendant un temps convenable, une autre partie ne se déposera pas pendant ce temps. On comprend facilement que le pourcentage de réduction sera tout différent si on tient ou non compte de cette deuxième partie. Ainsi une eau d'égout renferme 5,5 de matières en suspension totales dont 4 de la première catégorie et 1,5 de la deuxième, après décantation on trouve encore 1,6, soit 0,1 de la première catégorie et 1,5 de la deuxième. Si on calcule le pourcentage sur les matières en suspension totales on aura une réduction de 71 pour 100, et si on ne tient compte, ce qui du reste peut seulement être obtenu, que de la réduction des matières de la première catégorie, le pourcentage atteindra 97,5 pour 100.

Si, de plus, on considère que la quantité de matières en suspension qui ne se déposent pas varie beaucoup, même heure par heure, tout résultat qui les comprendra sera trompeur. La méthode par filtration de détermination des matières en suspension ne peut être employée que si on doit comparer la décantation avec d'autres procédés comme les procédés biologiques. Pour le contrôle des appareils de décantation : seules les méthodes basées sur la décantation donneront des résultats utiles et l'auteur pense qu'il n'y a pas lieu de déterminer le pourcentage de réduction des matières en suspension. Il suffit souvent de remplir un cylindre de verre avec l'effluent : après un temps assez court il ne doit y apparaître qu'une trace de dépôt car il y en a toujours même avec les meilleurs dispositifs. La comparaison de la transparence de l'eau brute et de l'effluent ne peut être recommandée car l'échantillon d'eau brute ne représentera pas probablement la moyenne; l'échantillon de l'effluent ne peut être pris qu'après le temps de séjour de l'eau dans les appareils ou

bassins, et la transparence de l'eau ne donne que très peu d'indications sur sa composition.

2° **Putrescibilité.** — Ce n'est pas le rôle des appareils de décantation de changer les constituants solubles de l'eau d'égout; cependant, quoiqu'il n'y ait aucune réduction des composés solubles, la putrescibilité est diminuée si on élimine les matières en suspension. On a constaté des cas où ce simple traitement suffisait pour rendre l'eau d'égout imputrescible, mais cela dépend uniquement du caractère de l'eau d'égout et ne peut servir à apprécier l'efficacité des appareils de décantation. Des bassins fonctionnant comme fosses septiques ont souvent donné de bons résultats de réduction de matières en suspension, spécialement si on évite de prélever de forts paquets de boues avec l'échantillon; dans ce cas la putrescibilité sera augmentée.

Dans une installation de décantation, la putrescibilité de l'effluent ne doit pas être plus grande que celle de l'eau brute.

3° **Traitement des boues.** — On a dit que, dans tout procédé de sédimentation, le traitement des boues était aussi important que l'épuration elle-même, et cela est tout à fait exact. Le succès de l'épuration dépend de la manipulation des boues qui doivent être traitées sans dégager d'odeurs désagréables.

On réserve en général un espace trop restreint pour le traitement des boues; la méthode variera suivant leur quantité, leur composition, leur dessiccation plus ou moins longue à obtenir, leur odeur, l'emploi auquel elles sont destinées.

D'après Spillner [1], quand on veut étudier et contrôler la marche des bassins de décantation, il est peu rationnel de recourir à la filtration des eaux pour déterminer les matières en suspension, car la filtration retient beaucoup plus de substances que la sédimentation n'en peut séparer. Il est nécessaire d'employer une méthode de contrôle qui se rapproche du mode de travail pratique, afin de déterminer combien l'eau renferme encore de substances susceptibles de se déposer par sédimentation.

Steuernagel et Grosse-Bohle [2] et Uhlfelder et Tilmaus [3]

(1) *Gesundheits Ingenieur*, 33e année, n° 39, p. 721.
(2) *Mitteilungen der Kgl Prüfungsanstalt fur Wasserversorgung*, 1904, n° 4.
(3) *Ibid.*, n° 10.

ont employé dans ce but la méthode suivante : on détermine sur un échantillon d'eau brute la totalité des matières en suspension; on abandonne un autre échantillon à la décantation et on dose, par filtration, dans l'eau décantée, les matières qui ne se déposent pas par sédimentation. On en déduit les substances susceptibles de se déposer. Cette méthode donne des résultats exacts et précis, mais elle n'est pratique que dans les laboratoires. Pour obtenir des résultats rapides, sur place, Spillner recommande l'emploi de vases particuliers représentés à la figure 11. Ils se composent d'un cylindre relié par une partie conique à un tube cylindrique gradué et fermé à la partie inférieure par un robinet. La graduation indique directement la quantité de substances déposées : la prise d'échantillon est versée dans le tube et la lecture est faite après deux heures de sédimentation : cette durée correspond au temps normal du dépôt d'une eau d'égout ordinaire et elle a été reconnue la meilleure par de nombreuses expériences. Une petite quantité de matières se dépose le long de la partie conique de l'appareil, et pour avoir des résultats plus exacts, il est nécessaire d'entraîner ces matières au fond du cylindre. On y arrive en soulevant légèrement l'appareil et en le faisant rouler rapidement cinq ou six fois entre les doigts. L'expérience pra-

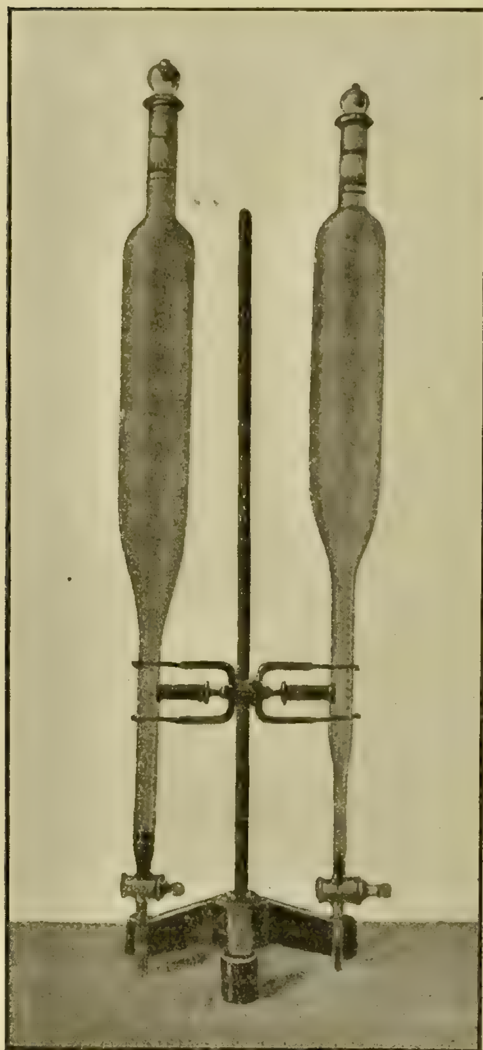


Fig. 11. — Vases de dépôt pour le contrôle des installations de décantation mécanique.

	EAU BRUTE								EAU A MOITIÉ CLARIFIÉE				EAU CLARIFIÉE				
	INSTALLATION RECKLINGHAUSEN OST			INSTALLATION ESSEN NORD WEST			INSTALLATION BOCHUM I. W.		INSTALLATION ESSEN NORD WEST				INSTALLATION RECKLINGHAUSEN OST			INSTALLATION BOCHUM I. W.	
	14.7.09 après-midi	14.7.09 après-midi	15.7.09 matin	21.5.10 matin	4.6.10 matin	25.6.10 matin	27.7.10 matin	30.7.10 matin	6.5.10 matin	21.5.10 matin	4.6.10 matin	25.6.10 matin	14.7.09 après-midi	14.7.09 après-midi	15.7.09 matin	27.7.10 matin	30.7.10 matin
Matières en suspension, par litre, déterminées par filtration.	330,6	266,8	29,6	140,8	295,0	499,0	175,0	186,2	70,6	85,4	155,6	191,2	115,6	65,2	61,8	76,8	65,6
Examen après une sédimentation de deux heures. — Matières susceptibles de se déposer en milligrammes par litre.	255,0	175,8	9,8	84,6	250,4	405,2	130,5	146,2	22,8	31,2	84,6	99,0	20,8	2,0	10,2	40,3	29,1
Proportion de ces matières pour 100 de matières en suspension.	70,5	65,9	33,1	60,1	78,1	81,2	74,6	78,5	32,3	37,4	54,4	51,8	18,0	3,1	16,5	52,5	44,4
Matières non susceptibles de se déposer, en milligrammes par litre.	97,6	91,0	19,8	56,2	64,6	95,8	44,5	40,0	47,8	52,2	71,0	92,2	94,8	63,2	51,6	36,5	36,5
Proportion de ces matières pour 100 de matières en suspension.	29,5	34,1	66,9	39,9	21,9	18,8	25,4	21,5	67,7	62,6	45,6	48,2	82,0	96,9	83,5	47,5	55,6
Matières susceptibles de se déposer mesurées dans les vases de dépôt, en centimètres cubes par litre.	5,6	5,8	0,5	1,6	1,6	7,0	0,7	0,89	0,96	0,7	0,4	0,84	0,22	0,02	0,1	0,22	0,16
Teneur en eau pour 100 de ces matières susceptibles de se déposer.	93,8	95,6	96,9	95,0	86,3	94,5	82,4	84,4	97,7	95,8	79,9	88,8	91,0	90,5	90,5	82.6	82,7

tique montre que la décantation est déjà presque complète au bout d'une demi-heure, et que dans les dernières trente minutes qui terminent les deux heures de sédimentation, le dépôt n'augmente plus. Il n'y a donc aucun inconvénient à faire cette rotation deux fois, la première fois au bout d'une heure et la seconde fois cinq minutes avant la lecture.

Les résultats obtenus avec ces vases de dépôt sont parfaitement comparables entre eux, ainsi qu'il résulte d'expériences faites à Bochum par Spillner. Une eau clarifiée ne doit pas donner, d'après l'auteur, plus de 0 cc. 5 de matières déposées par litre.

Le tableau suivant montre les variations de la proportion des matières susceptibles de sédimentation dans les eaux d'égout, et les résultats donnés par les vases de dépôt.

On voit que les substances qui ne sont pas susceptibles de se déposer atteignent, dans l'eau brute, de 20 à 40 pour 100 des matières totales en suspension, déterminées par filtration; ces chiffres s'élèvent même à 67 pour 100 pendant la nuit. Dans l'eau clarifiée, ces matières représentent 30 à 98 pour 100 des matières totales en suspension. On voit combien il est inexact de contrôler le fonctionnement d'une installation d'après le chiffre des matières totales en suspension; il n'est pas possible de déduire du chiffre des matières en suspension le chiffre des matières susceptibles de se déposer. Le chiffre des matières totales en suspension ne peut servir que pour le contrôle de la marche générale de l'installation, mais non pas pour le contrôle du travail. Il est évident qu'une installation qui livre des effluents qui n'abandonnent que très peu de matières dans les vases de dépôt, fonctionne mieux qu'une installation dont les effluents renferment encore beaucoup de ces matières susceptibles de se déposer.

CHAPITRE XI

FOSSES SEPTIQUES

Nouvelle note au sujet du rôle de la fosse septique (septic tank) dans l'épuration biologique des eaux d'égout.

Dans un travail paru sous le même titre [1], nous avons résumé brièvement les expériences faites par S. K. Dzerszgowski [2] avec une fosse septique à Tsarskoé-Sélo. Après en avoir rapporté les résultats, nous avions conclu que ces chiffres fournis par notre contradicteur ne sauraient être discutés, parce qu'ils prouvent seulement que la fosse de Tsarskoé-Sélo fonctionne dans des conditions défectueuses ; mais qu'ils ne justifiaient pas la conclusion générale qu'en tire Dzerszgowski, à savoir que « la fosse septique ne fait subir que des modifications peu notables aux matières polluant les eaux d'égout, et que son principal rôle est de séparer les particules organiques en suspension. »

Dans un nouveau travail en collaboration avec S. N. Predtétchensky [3] dans lequel il rapporte des résultats expérimentaux avec une foule de considérations, qu'il est quelquefois difficile de suivre, S. K. Dzerszgowski critique les expériences de Favre et les nôtres. Nous nous efforcerons de suivre ses démonstrations et d'apprécier leur valeur comme il nous y

(1) *Revue d'hygiène*, 1908, p. 633, et *Recherches sur l'Épuration biologique et chimique des eaux d'égout*, 1909, 4e volume, p. 28.

(2) *Archives des Sciences biologiques de Saint-Pétersbourg*, 1907, n° 1.

(3) Bassin septique en qualité de destructeur des substances organiques souillant les eaux d'égout. *Arch. des Sc. Biologiques St-Pétersbourg*, 1911, n° 1 p. 65 à 104.

invite, mais nos conclusions ne seront pas aussi favorables à sa théorie qu'il espère.

S. K. Dzerszgowski déclare d'abord que « la différence dans la manière d'envisager l'action des fosses septiques s'explique par : 1° la difficulté ou, pour mieux dire, l'impossibilité de tenir un compte exact de toutes les substances souillant l'eau pendant toute la durée de son passage à travers ces appareils ; 2° les quantités énormes que l'on est obligé de prendre en considération lorsqu'on soumet à l'épreuve le travail des fosses septiques dont les dimensions sont habituellement très considérables ; et enfin 3° la longue durée des expériences exigeant de grandes dépenses en argent et en labeur, ce qui est ordinairement hors de prix pour les stations d'épuration. »

Les expériences furent faites avec une petite fosse septique, genre des appareils domestiques si fâcheusement répandus, installée dans les sous-sols du laboratoire de chimie de l'Institut de médecine expérimentale. L'appareil était alimenté *pendant le jour seulement*, uniquement avec les eaux de 7 closets et de 4 urinoirs disposés aux deux étages du bâtiment.

Les eaux étaient d'abord reçues dans un bassin supérieur ; lorsque le volume était de 125 litres, un signal avertisseur fonctionnait. Le contenu du bassin était alors soigneusement mélangé ; on prélevait un échantillon moyen pour l'analyse, puis on faisait passer tout le liquide dans la fosse septique proprement dite en prenant soin que tous les papiers fussent entraînés. Le tuyau de communication se termine en dauphin, à $0^{m},45$ du fond de la fosse, comme dans la plupart des appareils analogues.

La fosse septique, d'une capacité utile de 356 lit. 7, est divisée en deux compartiments inégaux par une cloison dans laquelle des fentes longitudinales ont été pratiquées à $0^{m},55$ du fond de la fosse.

Lorsque le bassin supérieur est vidé, il s'échappe de la fosse septique un égal volume (125 litres) qui est recueilli dans un bassin inférieur, ce qui permet le mélange et le prélèvement d'un échantillon moyen, après quoi le liquide est envoyé à l'égout.

Nous devons tout d'abord nous élever contre l'usage d'une expression qui revient souvent dans ce travail et que nous

jugeons tout à fait impropre. Il est rapporté qu'il doit se produire une *épuration* dans les fosses septiques. Si cette affirmation a paru dans les prospectus de certains industriels, nous avons par contre déclaré à maintes reprises, que nous considérions le rôle de la fosse septique comme préparateur à l'épuration et non épurateur lui-même.

L'expérience a duré pendant 366 jours. Au bout de ce temps la fosse a été ouverte, la quantité et la composition du contenu ont été déterminées. Bien que les prélèvements eussent été effectués chaque fois que le volume de 125 litres était complété dans le bassin supérieur, les analyses ne furent faites que tous les 4 jours [1], les échantillons étant mélangés dans la proportion de 1 litre pour 125 litres. Le papier fut compté à part, mais non prélevé avec les échantillons. Les visites aux cabinets étaient enregistrées.

Au bout des 366 jours le bilan des entrées et des sorties est le suivant :

	Entrée.	Sortie.
Volume	107 m³,4907	107 m³,4907
Quantité de papier	10kgr,889	—
Substances dissoutes dans l'eau :		
Résidu sec	55kgr,840	58kgr,211
Ammoniaque libre ou saline	17kgr,541	17kgr,525
Azote organique en ammoniaque	1kgr,860	1kgr,697
Substances en suspension dans l'eau :		
Résidu sec sans papier	38kgr,997	—
— avec —	49kgr,886	49kgr,486
Azote organique en ammoniaque :		
Sans papier	4kgr,552	—
Avec —	4kgr,558	4kgr,469

Le nombre moyen par jour des visites aux urinoirs a été de 14,2 et celui aux closets de 6,2 ; la dépense journalière moyenne d'eau fut 282 lit. 7, soit 13 lit. 86 par visite. Les auteurs évaluent d'après ces nombres que le liquide séjourne en fosse septique pendant 30 h. 12 minutes.

[1] Ne s'est-il jamais produit d'action septique pendant ce temps qui a quelquefois été porté à 5 jours ?

L'examen du contenu de la fosse septique après un an de fonctionnement a fourni les données suivantes :

Volume de l'eau.	574 litres 16[1].
Dépôt humide	4601 gr.

Le liquide contenait :

	Par litres.	Au total[2].
	—	—
Matières en suspension.	1gr,6576	575gr,45
Résidu sec (matières dissoutes seules). .	0gr,3088	107gr,20
Ammoniaque libre et saline.	0gr,0886	30gr,6
Azote organique en ammoniaque :		
Des matières en suspension.	0gr,1257	43gr,6175
— dissoutes.	6gr,0100	3gr,47

Les 4601 grammes de dépôt contenaient :

Matières sèches.	1kgr,032
Eau.	3kgr,569
Azote organique en ammoniaque.	0kgr,03727

En résumé il est entré dans la fosse 106 kgr. 850 de matières sèches, tandis qu'il est sorti ou resté dans la fosse 109 kgr. 411 de matières sèches, soit un excédent de 2 kgr. 561.

Pour expliquer comment le résidu sec a pu augmenter d'une *manière mystérieuse* au cours du séjour de l'eau dans la fosse septique, les auteurs émettent les hypothèses suivantes : les parois de fonte de la fosse ont pu abandonner de la rouille et l'hydratation des substances organiques par processus biologique en augmente le poids ; enfin la difficulté de prélever un échantillon moyen de l'eau avant son entrée dans la fosse septique est grande : « Ce n'est nullement une chose aisée que de désagréger les matières fécales et d'en obtenir une suspension homogène. »

Malgré cela et bien que des « personnes moins compétentes et moins responsables » aient été associées à ce travail, les auteurs se croient autorisés à affirmer que le processus désintégrant de la fosse examinée par eux fut de minime importance et ne pouvait influencer le résultat final de l'expérience.

(1) Il doit y avoir une erreur, car plus haut les auteurs donnent comme capacité utile de la fosse 29 viod de 12 litres 3, soit 356 litres 7.

(2) Les calculs sont faits sur un volume de liquide de 347 litres 16 et on ne sait d'où vient ce nombre.

L'analyse des gaz a donné les résultats suivants :

	Acide carbonique.	Azote.
Gaz recueillis au-dessus du liquide de la fosse.	6,8 à 10,4 %	89,6 à 93,2 %
Gaz dissous dans l'effluent de la fosse.	56,38 à 58,58%	41,42 à 43,62%

On n'y a trouvé ni gaz des marais, ni hydrogène, ce qui prouve que les fermentations existaient mais étaient très peu actives.

Les auteurs s'efforcent ensuite d'interpréter leurs résultats d'analyses par des considérations embrouillées et quelquefois contradictoires, pour conclure :

« Le travail biologique de notre fosse a eu pour résultat définitif :

« *a*) Dissolution de 4,45 pour 100 des substances organiques, dont 1,89 pour 100 des substances azotées et 2,54 pour 100 des substances non azotées ;

« *b*) Désintégration des substances azotées s'accompagnant de la transformation de l'ammoniaque sous forme de composés organiques (azote organique) en ammoniaque à l'état de sels inorganiques, et cela en quantité telle que 1,22 pour 100 reviennent sur le compte des substances en suspension et 8,56 pour 100 sur celui des substances solubles.

« Toutes ces données numériques qui caractérisent le travail de la fosse, sont très minimes ; à n'en pas douter, elles ne sauraient exercer une influence notable sur le degré d'épuration de l'eau et, à plus forte raison, *elles ne nous autorisent nullement à considérer la fosse septique comme constituant un procédé nous mettant à même de détruire les souillures organiques de l'eau au même degré que nous y arrivons à l'aide des fours destructeurs en ce qui concerne les ordures sèches.* »

Il est fâcheux que Dzerszgowski ait pris tant de peine, fait de si nombreuses analyses et rédigé un volumineux mémoire pour arriver à un résultat négatif, uniquement par sa faute comme il le reconnaît « en raison de certaines conditions anormales dans lesquelles il fut obligé de faire accomplir ce travail. »

Les conclusions ne soulèvent pas de critique, comme les auteurs le craignent, mais ne s'appuyant sur aucune expé-

rience scientifiquement conduite, elles tombent d'elles-mêmes.

Comment supposer qu'un savant comme Dzerszgowski, pour porter un jugement sur le rôle des fosses septiques dans l'épuration biologique des eaux d'égout, ait fait choix d'une minuscule fosse septique d'habitation, appareil donnant le plus souvent des résultats au moins médiocres; que de plus il ait fait fonctionner cet appareil dans les pires conditions, et qu'enfin il se soit cru autorisé d'en tirer des conclusions générales?

Tous les ingénieurs et hygiénistes compétents en épuration d'eaux d'égout savent que le rôle de la fosse septique consiste:

1° à retenir les matières en suspension;

2° à dissoudre et gazéifier une partie plus ou moins importante de la portion organique de ces matières en suspension.

Certains ont voulu restreindre ce rôle à celui d'une décantation simple, mais au moins cette dernière n'a jamais été discutée. Or dans la fosse de Dzerszgowski il ne s'est produit aucune décantation (environ 2 pour 100 en un an). Cette seule considération aurait dû faire arrêter l'expérience dès le début, car s'il ne se produit aucun dépôt dans la fosse, comment étudier la destruction d'une matière qui, aussitôt entrée, disparaît par entraînement au dehors?

Dans un liquide contenant des matières très légères en suspension qui ne sont pas agglutinées ou entraînées par des matières plus lourdes comme dans les eaux d'égout normales, la clarification naturelle est toujours très lente et il faut prendre bien soin de la troubler le moins possible par un afflux d'eau considérable. C'est pourtant dans ces conditions *anormales* que la fosse septique a fonctionné car, pour une capacité utile de 356 litres environ, l'afflux des 125 litres du réservoir supérieur amenait la vidange brutale de un tiers du volume des eaux: il aurait donc été surprenant qu'il s'y produisît la moindre décantation!

Du reste, les fermentations y étaient si peu actives qu'il n'y eût jamais formation de formène, ni d'hydrogène, indice d'une décomposition des matières organiques carbonées, et que les matières dissoutes elles-mêmes, pourtant si facilement fermentescibles, n'ont été désintégrées qu'en très faible proportion.

La seule conclusion qu'aurait pu tirer Dzerszgowski de ses expériences aurait dû être que la fosse de l'Institut de médecine expérimentale fonctionnait d'une façon encore plus défectueuse que celle de Tsarskoé-Sélo, puisqu'elle allait jusqu'à ne point permettre la séparation des particules en suspension.

Il faut se rappeler que les fosses septiques d'habitation, fosses Mouras plus ou moins modifiées, ont été données d'abord comme *vidangeuses automatiques* et ce n'est que dans ces dernières années qu'on s'est efforcé d'assimiler leur rôle à celui des grandes fosses septiques de station d'épuration des eaux d'égout dont la construction et le fonctionnement sont tout différents.

Se rendant compte des points faibles de son argumentation, Dzerszgowski a cherché à l'étayer en analysant le travail d'*appareils plus perfectionnés*, dit-il, tels que les fosses de *Chambeau* installées aux gares Nicolas et Varsovie (St-Pétersbourg) et les *septic tanks* de deux habitations particulières et de la Maison du Peuple de l'Empereur Nicolas II.

Les auteurs ont admis d'abord, qu'une eau d'égout normale (il eût été plus rationnel de dire une eau de latrine normale) correspond à une dilution des excreta d'un homme moyen en 24 heures dans 12 lit. 5 d'eau; la quantité de chlore par litre est alors de 0 gr. 0805 par litre, à laquelle sont rapportés les résultats analytiques, pour permettre la comparaison entre le travail effectué dans les différents appareils. Il ne pouvait ici être question d'établir le bilan des entrées et des sorties : seul, l'effluent pouvait être analysé. Il était prélevé 1 litre toutes les 15 minutes pendant 24 heures consécutives.

Sur cette base hypothétique (car rien n'indique que les excreta solides et liquides sont dans le même rapport, et ce sont ces derniers seuls dont il est tenu compte, le chlore ne provenant que de l'urine), les auteurs ont fait de nombreux calculs, dont ils tirent les conclusions suivantes :

« 1° Les fosses Chambeau et les septic tanks, sont des bassins dans lesquels l'eau, animée d'un mouvement lent uniforme, dépose une partie des substances qu'elle tient en suspension ; aussi, tout en s'épurant, elle rend les bassins boueux ;

« 2° Les fosses Chambeau et les septic tanks, dont les

dimensions sont telles que l'eau y stagne de 1 à 20 jours, jouent le rôle d'égalisateurs de la composition de l'eau, car, en raison du courant lent qui s'y établit, les eaux de diverses compositions y pénétrant à divers moments de la journée et de la nuit sont à même de s'y mélanger;

« 3° Du moment que les fosses et les septic tanks sont déjà souillés, la composition de l'eau ne s'égalise plus, durant la traversée de ces bassins, d'où les oscillations considérables que peut présenter, à des intervalles rapprochés, la composition de l'eau s'écoulant de ces bassins;

« 4° La composition de l'eau peut, durant son séjour dans les fosses et septic tanks souillés, présenter des variations, quant à sa richesse en substances en suspension, tantôt dans le sens de l'épuration, tantôt dans le sens d'une pollution plus accusée;

« 5° Les substances dissoutes dans l'eau, traversant les fosses Chambeau et les septic tanks, éprouvent des variations peu notables durant leur passage dans ces bassins, surtout lorsque ceux-ci sont boueux. »

En résumé, le travail effectué dans ces appareils ne serait qu'apparent, il consisterait, au bout d'un certain temps, seulement en un émiettement des matières en suspension, qui font paraître l'eau moins chargée, mais on en trouve la même quantité dans l'effluent que dans l'affluent.

Il est peu scientifique de choisir des exceptions pour nier l'existence d'un phénomène général : il eût été plus utile de rechercher pourquoi les auteurs sont seuls de leur avis : cette singularité aurait dû les frapper, et les rendre plus circonspects dans leurs conclusions.

Nous arrivons maintenant à la partie du mémoire contenant la critique très vive de nos expériences de 1908. Pour y répondre, nous rappellerons d'abord dans quelles conditions nous nous étions placés.

Après avoir démontré l'impossibilité de prélever des échantillons moyens contenant la proportion correspondante de matières en suspension, et d'évaluer la quantité exacte de boues contenue dans une fosse septique de 260 mètres cubes de capacité, nous avions pensé que la comparaison de la composition des boues contenues dans les eaux brutes (eaux

fraîches) avec celles extraites de la fosse septique présenterait un caractère plus scientifique, serait plus démonstrative et nous permettrait, en conséquence, de tirer quelques conclusions d'une exactitude plus satisfaisante.

Nous avons constaté ainsi que la composition des boues est considérablement modifiée pendant leur séjour dans la fosse septique (1). Elles ont perdu environ 20 pour 100 de leur poids ou 42,81 pour 100 de leur matière organique, 34.81 pour 100 de leur azote, 30,21 pour 100 de leur carbone et 42,41 pour 100 des matières grasses.

Ces conclusions pèchent, d'après Dzerszgowki, par la base. La différence de composition des boues est attribuable, dit-il, non seulement au travail destructeur de la fosse septique, mais encore au travail dissolvant et surtout au travail sédimentaire. Il ne se sépare dans la fosse que les matières lourdes qui tombent au fond, et les matières légères qui forment une croûte à la surface ; quant aux matières en suspension de densité moyenne, elles sont emportées par l'eau, d'où il résulte que les boues qui se sont déposées dans la fosse septique n'ont pas la composition des boues fraîches analysées, d'autant plus que les « matières en suspension subissent dans la fosse des altérations sous l'influence des processus biologiques qui y évoluent (2) ». Les matières peuvent aussi être désintégrées ou dissoutes en partie et, en changeant de forme et de propriétés, être emportées par l'effluent sans subir une désintégration complète.

Il apparaît donc que les auteurs ne voulaient pas admettre d'abord qu'il se produise de décantation dans une fosse septique bien comprise. Puis, plus loin, ils reconnaissent qu'une partie des matières en suspension peuvent s'y déposer, mais que celles-ci sont principalement minérales. Quant à la divi-

(1) Déjà au point de vue physique les boues sont différentes à l'entrée et à la sortie de la fosse septique : ainsi des échantillons égouttés de la même façon contenaient en 1906 : à l'entrée 18 % de matières sèches;
— — à la sortie 21,2 % —
C'est un fait qui, du reste, a été remarqué par divers auteurs que les boues fermentées en fosse septique se sèchent plus rapidement que les boues fraîches.

(2) Nous sommes heureux de constater en passant que les auteurs admettent l'existence de phénomènes biologiques, qui, bien que très faibles dans d'autres cas, tels que ceux de leurs fosses en Russie, leur servent ici à appuyer leur thèse.

sion hypothétique de ces matières en trois catégories, quelques expériences nous permettront de l'examiner.

Nous avons exposé chaque année, dans les comptes rendus de nos expériences de la station expérimentale de La Madeleine, que, malgré l'action septique sur les matières en suspension, il y avait envasement progressif des fosses, et qu'il est indispensable de pratiquer des dragages au moins une fois par an. Nous avons indiqué en outre que, lorsque les dépôts commencent à être abondants, la décantation y devient défectueuse. C'est ce moment que nous avons choisi pour déterminer la composition comparative des matières en suspension dans l'eau brute, et celles de l'effluent des fosses septiques, ces dernières étant en trop faibles quantités aux autres époques de l'année.

Pendant 4 jours consécutifs, nous avons fait prélever chaque heure 1 litre d'eau brute et 1 litre d'effluent de la fosse septique. Les échantillons d'une journée étaient mélangés, et on déterminait la quantité de matières en suspension par repos et centrifugation, puis la proportion de matière organique (perte au rouge) et de matières minérales (résidu au rouge), qu'elles renfermaient.

Dans le tableau ci-contre, nous avons donné les moyennes de nos résultats, en les rapprochant de ceux de nos expériences de 1908.

	Quantité par litre.	Partie organique 0/0.	Partie minérale 0/0.
Eau brute	0gr,293	43,4	56,6
Effluent de la fosse septique	0gr,059	47,4	52,6
Matières en suspension dans l'eau brute diminuées des matières en supension dans l'effluent de la fosse septique	0gr,234	42,3	57,7
MOYENNE DE NOS EXPÉRIENCES EN 1908			
Boues fraîches (eau brute)		45,8	54,2
Boues de la fosse septique		32,56	67,44

Si on compare simplement les pourcentages de matière organique et minérale, on peut croire que la critique de Dzerszgowski est justifiée, car les matières en suspension

dans l'effluent de la fosse septique sont plus riches en matières organiques que celles de l'eau brute, et il est bien naturel qu'il en soit ainsi, les matières minérales, étant les plus lourdes, se déposent les premières.

Il en est tout autrement si on calcule la composition des matières en suspension dans l'eau brute, diminuée de la quantité correspondante des matières en suspension dans l'effluent de la fosse septique. On voit alors que la différence du début disparaît presque entièrement et que les boues fraîches ont une composition voisine de celle que nous avons trouvée en 1908 par une expérience de six mois, tandis que les boues de la fosse septique ont une composition qui s'en éloigne d'une façon considérable : près de 10 pour 100.

L'hypothèse de Dzerszgowski, même en l'admettant comme exacte, ne change pas les résultats obtenus d'une façon suffisante pour infirmer les conclusions que nous avions tirées de nos expériences.

Dans notre travail complet, que les auteurs ne semblent pas avoir consulté, nous avons rapporté en un tableau les volumes de gaz dégagés en un même endroit de la fosse septique du 10 février au 24 mai 1908, par mètre carré de surface. Ce tableau montrait que les volumes de gaz dégagés étaient extrêmement variables : de 76 à 677 litres en 24 heures; et nous avons alors proposé une explication de ces variations, après avoir recherché s'il y avait une relation avec la température, la pression atmosphérique, les pluies, et le volume d'eau traversant la fosse septique.

Nous avons rapporté ces résultats dans le but de montrer d'une façon frappante le rôle des fermentations qui se produisent dans les fosses septiques. Nous avons aussi calculé approximativement, d'après des formules hypothétiques, la proportion de matière organique qui avait été désintégrée pour produire ces dégagements.

Les auteurs reprennent ces calculs et les appliquent à la matière organique en suspension dans les eaux analysées *trois ans auparavant*, en 1905. Il se trouve qu'ils obtiennent des nombres inférieurs aux nôtres, mais nous pourrions, en cherchant un peu, en trouver de supérieurs. Nous nous sommes bien gardés de faire intervenir les poids de matières en

suspension dans les eaux brutes et les effluents de fosse septique, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Pour nous résumer : 1° par la comparaison de la composition des boues fraîches et des boues septiques, nous avons montré l'importance des désintégrations des matières organiques solides dans nos fosses septiques de La Madeleine; 2° par la mesure et l'analyse des gaz dégagés, nous avons indiqué la composition de ces gaz et les variations de leur dégagement suivant les temps et le lieu. Nous n'avons jamais pensé que l'on pût croire que nous donnions des volumes exacts de gaz, quand nous nous étions efforcés de montrer qu'ils étaient impossibles à obtenir; aussi n'avons-nous donné aucun calcul reliant les deux parties du problème.

Nous n'aurons garde enfin d'éluder une remarque très judicieuse de Dzerszgowski. Dans les premiers résultats publiés [1], nous avons donné la teneur en nitrates des eaux brutes et des effluents des fosses septiques de La Madeleine : 1 mgr. 80 par litre pour les premières et 1 mgr. 20 et 1 mgr. 51 pour les secondes. Ces déterminations proviennent de défectuosités de la méthode de dosage que nous avions employée à cette époque, et dont nous ne nous sommes aperçus que plus tard. Depuis, nous n'avons jamais pu déceler de nitrates dans les eaux non épurées par les lits bactériens, ce qui du reste n'a rien qui doive surprendre, vu que presque toujours dans l'eau brute et toujours dans l'effluent des fosses septiques, on constate la présence de quantités très appréciables d'hydrogène sulfuré. Or, on sait que l'hydrogène sulfuré provient de la réduction des sulfates qui n'a lieu qu'après la disparition de l'oxygène et des nitrates de l'eau. Nous regrettons d'avoir omis de faire cette rectification dans nos mémoires ultérieurement publiés.

Les auteurs critiquent aussi vivement les expériences de Favre que nous avons analysées dans notre précédent mémoire. Dans un travail récent Guth et Spillner [2] exposent leurs expériences sur la décomposition des boues dans les fosses septiques à courant continu et dans les décanteurs Emscher, avec cavités spéciales pour le dépôt des boues,

(1) *Recherches*, 1er volume, p. 51.
(2) *Gesundheits Ingenieur*, 34e année, 1911, p. 153.

cavités non parcourues par le courant d'eau. Pour étudier la décomposition des matières organiques dans ces dispositifs, ils ont expérimenté sur de l'albumine d'œuf, de la viande de bœuf cuite et crue, des cartilages, de la graisse de bœuf, des betteraves cuites et crues, des pommes de terre cuites et crues, de la toile de lin, du papier de journaux. La concentration de l'eau d'égout a varié de 125,5 à 542,7 milligrammes par litre, la teneur en ammoniaque de 25,6 à 144,6 milligrammes, en chlore de 85,4 à 2845,6 milligrammes par litre; la température a varié de 9° à 21°5, et la durée de séjour de l'eau d'égout de 6 à 24 heures. Les matières albuminoïdes et les légumes ont été relativement vite dissous, les graisses et la cellulose au contraire sont très résistantes. Mais il résulte nettement des nombreux tableaux donnés par Guth et Spillner, que la décomposition des matières organiques dans les fosses septiques et dans les puits décanteurs, tels que les décanteurs Emscher, s'effectue de la même manière, aussi activement, et que *cette décomposition est très considérable.* Une température élevée favorise le phénomène; la vitesse d'écoulement de l'eau n'a pas d'influence sensible, contrairement aux conclusions de Favre; la présence de fortes quantités de matières fécales est utile.

Ces nouvelles expériences de Guth et Spillner sont d'autant plus intéressantes qu'elles ont été effectuées dans de nombreux appareils en plein fonctionnement dans diverses installations d'épuration d'eaux d'égout. On a choisi, par exemple, comme fosses septiques : celles de Hambourg, de Wolfenbuttel, de Mullheim, d'Unna, de Harsburg, etc.; comme décanteurs Emscher : ceux d'Essen Nordwest, de Recklinghausen Ost, de Zerbst, etc. Les chiffres obtenus ne laissent aucun doute sur l'influence des actions de décomposition qui se produisent aussi bien dans les fosses septiques que dans les décanteurs.

Nous avons aussi, en 1908, refait les expériences de Favre en immergeant dans nos fosses septiques de la viande, des œufs, de la graisse de bœuf, du papier et des pommes de terre. Nous avons obtenu les mêmes résultats que nous n'avons pas cru devoir publier, car ils n'apportaient aucun fait nouveau. La viande et les œufs ont disparu très rapidement

quoique pour ces derniers (cuits, bien entendu), le jaune ait résisté plus longtemps. Les pommes de terre ont fermenté très rapidement, sauf les enveloppes qui n'ont pas été attaquées. Le papier a été attaqué lentement et seulement au bout de deux mois. La graisse s'est saponifiée d'abord, et ce n'est qu'après cinq mois que son poids a diminué.

De l'ensemble de ces considérations et de l'étude des nouveaux travaux, nous devons donc tirer les mêmes conclusions que précédemment : *Dans une fosse septique convenablement construite et dont le fonctionnement est bien réglé, il se produit toujours une désintégration par dissolution et gazéification de la partie organique des matières en suspension dans l'eau d'égout qui s'y déposent. L'importance de cette désintégration dépend principalement de la nature de ces matières.*

Biolytic tank [1].

Dans leurs expériences, que nous rapportons plus loin, sur l'épuration des eaux brutes de Boston, sans traitement préalable, sur des lits bactériens, Winslow et Phelps ont constaté le rapide colmatage des lits à matériaux assez fins lorsqu'on veut épurer des volumes d'eau assez considérables. Le grattage de la surface des lits pour enlever les boues peut se faire pendant les bonnes saisons, mais en hiver il est très difficile : aussi le traitement préliminaire des eaux d'égout est-il indispensable.

L'élimination des matières en suspension des eaux d'égout est obtenue dans la plupart des stations d'épuration par la simple action physique de la sédimentation. On élimine ainsi 50 à 65 pour 100 de ces matières des eaux d'égout en Amérique (Fuller 1909), tandis qu'en Angleterre et en Allemagne les résultats publiés sont de beaucoup supérieurs. Les fosses septiques ont été désignées à l'origine, non pour retenir les matières en suspension, mais pour en éliminer une partie par liquéfaction. On avait d'abord déclaré que 75 à 80 pour 100 des boues déposées pouvaient être liquéfiées, mais depuis, à la suite d'études plus approfondies tant en Angleterre qu'aux

(1) Winslow et Phelps, *Journal of Infectious Diseases*, 1911, p. 272.

États-Unis, ce taux fut ramené de 25 à 40 pour 100. A Birmingham, cette élimination ne fut que de 10 pour 100.

En considérant la limite à laquelle s'arrête la fermentation septique, il paraît probable que l'accumulation des produits formés par cette fermentation en soit un des principaux facteurs. On sait que, dans toutes les réactions bactériennes, l'enlèvement des produits ultimes est presque toujours une condition nécessaire pour obtenir une activité continue. Une expérience, faite à la station de Lawrence il y a quelques années, montra qu'un court séjour en fosse septique facilite la liquéfaction et qu'il y a moins d'accumulation des produits formés. Dans une petite fosse septique on mit de la boue provenant de la décantation de l'eau d'égout brute, pendant six mois ; la période de repos était de cinq à quinze jours et la boue accumulée remplissait 60 pour 100 du volume de la fosse. On réduisit le temps de repos à 49 heures ; la boue se réduisit à 8 pour 100 et ne s'accrût pas pendant une année (1901). A Leeds, on trouva que, par un séjour de 72 heures, les boues se dissolvaient (Leeds, 1905).

Dans quelques-unes de leurs premières expériences, Winslow et Phelps constatèrent que la liquéfaction de la boue était beaucoup plus active lorsque la période d'écoulement des eaux était de 12 heures que lorsqu'elle était de 24 heures, et plus active pour 24 heures que pour 48 heures.

En 1909, J.-H. White étudia ce sujet sous leur direction. Il prit deux flacons de 5 litres A et B. Dans A il mit 1 litre de boue d'égout et 1 litre d'eau de distribution, dans B 1 litre de boue seulement. Le flacon A était muni d'un bouchon traversé par trois tubes, l'un pour l'entrée de l'eau, le 2ᵉ pour sa sortie par un siphon, et le 3ᵉ pour le dégagement des gaz. Le flacon B ne portait qu'un tube de dégagement des gaz.

Des observations étaient faites chaque jour de la température et de la pression dans chaque bouteille et on laissait dégager les gaz, on ajoutait dans le flacon A 200 centimètres cubes d'eau de distribution et on siphonnait 200 centimètres cubes du liquide du flacon. La boue fut analysée au début de l'expérience, et le contenu des deux flacons à la fin. Chaque semaine l'effluent du flacon A fut analysé. Après trente-trois jours la fermentation continuait encore.

J. White déduisit de ses analyses la quantité des divers constituants de la boue originelle, du contenu du flacon A et de ses affluents et de celui du flacon B. Les résultats montrent très clairement que la liquéfaction fut très favorisée par l'addition d'eau. Dans le flacon A il y eut plus de deux fois plus d'azote organique, ammoniaque, résidu fixe en solution et près de deux fois plus de matières volatiles en solution que dans le flacon B. D'autre part, il laissait 8 gr. 66 de matières volatiles en suspension contre 14 gr. 20; les matières fixes en suspension étaient augmentées dans l'effluent de A.

Si les conclusions des auteurs que la limite de l'activité liquéfiante d'une fosse septique ordinaire est due à l'accumulation des produits de fermentation sont justifiées, *l'hydrolytic Tank de Hampton* et les *puits de Imhoff* sont construits sur un principe défavorable à la liquéfaction des boues. Dans les deux cas la boue est séparée de l'eau et emmagasinée dans une chambre de liquéfaction où elle est soumise à une action septique intensive avec un entraînement minimum des produits de décomposition. Les auteurs ont tenté d'obtenir le résultat opposé en employant un bassin profond de forme conique, avec l'entrée des eaux à la partie inférieure de façon à laver constamment les boues avec les eaux d'égout fraîches qui entraînent, en s'écoulant par le haut, les produits de décomposition. Il est semblable aux *Dortmunds* employés avec succès en Angleterre. Mais à Birmingham, par exemple, les boues sont évacuées trop fréquemment pour permettre une action septique. Dans leurs expériences, au contraire, les boues ne furent enlevées qu'après un an et l'action septique fut manifeste. D'autre part, le principe essentiel de la fosse septique est de garder les eaux d'égout pour que les conditions soient aussi anaérobies que possible, tandis que leur but était de limiter ces conditions, aussi ont-ils proposé d'appeler leur bassin, *Biolytic Tank*.

Ce bassin A (fig. 12) est carré à la partie supérieure de $2^{m},10$ de côté; les côtés sont d'abord verticaux sur $0^{m},45$, puis convergent vers le fond pour former une pyramide dont les faces sont inclinées sur un angle de 55°. La capacité du bassin est de 7 mètres cubes, le temps de séjour des eaux est de 8 heures et demie. Les eaux entrent par le tuyau B, de 5 centimètres de

diamètre, à environ 225 millimètres du fond, elles sortent par quatre déversoirs métalliques triangulaires à 60°, protégés par des pare-écumes, et tombent dans un canal C de 5 centimètres de large. Au fond du bassin est une ouverture D de 5 centimètres pour l'évacuation des boues.

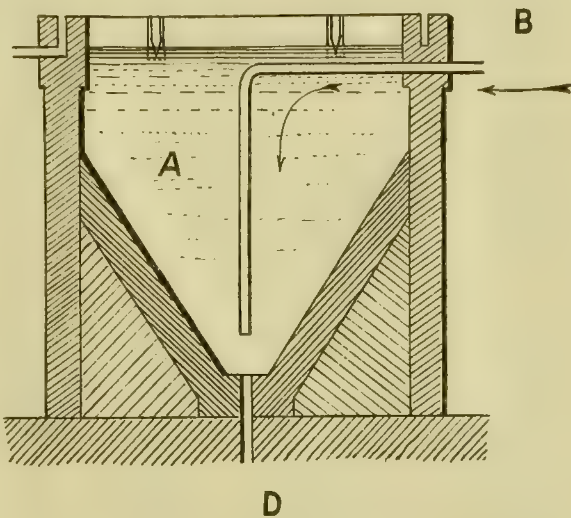


Fig. 12. — Biolytic Tank.

A. Biolytic Tank. B. Arrivée des eaux. C. Sortie des eaux. D. Évaluation des boues.

Ce bassin a été alimenté d'une façon continue pendant six jours par semaine d'abord, puis tous les jours durant la saison froide.

Les eaux d'égout ont été prélevées sur l'ensemble de toutes les eaux de Boston après criblage au travers des grilles à gros barreaux et élimination des corps lourds dans une petite fosse à sable à la station d'expériences. On constata des variations dans la composition des eaux suivant les saisons. L'ammoniaque et l'oxygène absorbés sont plus importants en été qu'en hiver; de même les matières en suspension sont faibles en décembre-janvier et plus abondantes au printemps.

La moyenne annuelle des résultats d'analyses en milligrammes par litre est la suivante :

	Eau brute.	Effluent du Biolytic Tank.
Sédiment	200	98
Matières en suspension totales	165	81
— volatiles	110	58
— fixes	48	21
Azote total	25,5	22
— organique total	11,7	7,5
— — soluble	7,7	5,1
— ammoniacal	13,2	14,6
Oxygène consommé à chaud : total	70,0	54,0
Oxygène consommé à chaud : soluble	49,0	37,0
— à froid : total	16,0	16,2
— à froid : soluble	10,2	12,8

Les eaux d'égout de Boston sont assez diluées : on voit cependant qu'il s'est produit une action septique dans le Biolytic Tank. L'ammoniaque et l'oxygène consommé à froid ont augmenté, ce dernier représentant les composés carbonés instables; l'azote organique a diminué.

Le sédiment a été réduit de 51 pour 100 et les matières en suspension totales de 50 pour 100, ce qui est un résultat comparable à celui obtenu dans la pratique, comme le montre le tableau suivant :

Angleterre. . .	Andover . . .	30 %	Angleterre	Hartley Wintney.	54 %
— . .	Slaithwaite. .	34 %	—	Knowle.	57 %
Massachusetts	Worcester. .	35 %	New-York	Saragota.	65 %
Angleterre. . .	Prestolee. . .	42 %	Angleterre	Exeter.	67 %
— . .	Caterham . .	47 %	—	Reading	74 %
Ohio.	Colombus. . .	49 %	—	York.	75 %
Angleterre. . .	Accrington .	50 %	—	Rochdale.	86 %
Massachusetts	Boston. . . .	50 %			

Les variations qu'on observe ainsi sont très grandes, car elles dépendent de la nature des eaux d'égout et de la construction des fosses. Les résultats obtenus à Boston se trouvent être la moyenne. Le point faible semble être que le bassin profond à écoulement continu laisse échapper une trop grande partie des matières solides qu'il reçoit; mais l'action liquéfiante est très nette, et il n'y eut aucune accumulation apparente de boues. Des analyses moyennes des eaux d'égout et des effluents, ainsi que celles de la boue et du contenu du bassin, les auteurs ont calculé la retenue des matières en suspension et de l'azote organique et la proportion de ces matières qui a été liquéfiée.

	Matières en suspension			Azote organique en suspension.
	Totales.	Volatiles.	Fixes.	
Retenue % dans le bassin . .	54	56	48	45
Dissolution % de la boue déposée dans le bassin . . .	72	81	49	52

Ils ont rapproché ces nombres de ceux donnés pour les fosses septiques. Le tableau suivant donne le pourcentage de liquéfaction des boues dans les fosses septiques constaté dans diverses stations d'épuration.

	Matières en suspension totales
	—
Birmingham (Angleterre). .	10
Exeter — (1).	25
Manchester — . .	26
Ilford — . .	30
Sheffield — . .	30
Accrington — . .	35
Worcester (Massachusetts)	39
Leeds (Angleterre). .	20-60
Huddersfield — . .	40

	Matières en suspension totales	organiques
	—	—
London (Angleterre).	41	71
Boston (Massachusetts) (2)	42	81
Glasgow (Écosse). . .	50	»
Hampton (Angleterre)	»	58
Saragota (New-York)	69	»
Boston (Massachusetts) (3)	72	81
Exeter (Angleterre) (4)	80	»

Excepté la très forte réduction rapportée au début à Exeter, on voit que l'efficacité du Biolytic Tank est plus grande que celle de toutes les fosses septiques de forme ordinaire.

(1) Études de la Commission royale.
(2) 1905-1907, fosses rectangulaires.
(3) 1909-1910, Biolytic Tank.
(4) Premiers rapports de la Ville.

CHAPITRE XII

TRAITEMENT DES BOUES

Le problème des boues des eaux d'égout.

Dans l'épuration des eaux d'égout, on admet que la boue est presque toujours un mal nécessaire, qu'elle est inévitable, et que tous les efforts doivent tendre à rechercher les moyens de la traiter facilement et économiquement suivant les conditions locales. W. C. Easdale [1] pense que c'est une erreur, et il croit qu'on obtiendrait des progrès beaucoup plus grands si on abandonnait ces idées préconçues et si on cherchait à épurer les eaux d'égout sans produire de boues. Cela peut être considéré comme une utopie, mais il espère par la suite exposer quelques vues nouvelles sur ce sujet.

L'auteur appelle boue, le dépôt, principalement organique, qui se produit dans les bassins de sédimentation ou les fosses septiques, et non les matières qui s'accumulent dans les fosses à sables, ni les matières humiques qui se détachent des lits bactériens. De plus, il laisse de côté les installations où l'on produit des boues par précipitation chimique, car, dans ce cas, on a prévu des dispositifs pour les traiter spécialement.

Si on peut épurer d'une façon satisfaisante la partie liquide de presque toutes les eaux d'égout, c'est surtout depuis qu'on a imaginé des dispositifs capables de retenir les matières en suspension. Mais, plus on élimine les matières en suspension, meilleure est l'épuration obtenue, et la quantité de boues à traiter est d'autant plus considérable.

Tous les traitements préliminaires produisent plus ou moins de boues; toutefois la méthode de Dibdin, par les lits d'ar-

[1] *San. Record*, 8 oct. 1910, p. 555.

doises, permet de les transformer et de les réduire assez fortement, de façon à les éliminer dans un état tout différent de celui des boues retirées des bassins. Mais il existe et on construit un grand nombre de fosses septiques et il y a lieu de rechercher les moyens de diminuer les difficultés du traitement des boues qui s'y accumulent.

On n'a pu encore, par aucun dispositif, retenir complètement les matières en suspension dans les eaux d'égout avant leur répartition sur les lits bactériens, et bien que, dans certaines villes, l'effluent décanté contienne plus de ces matières que l'eau d'égout brute d'autres villes, l'épuration est néanmoins satisfaisante.

On peut donc admettre que, les lits bactériens donnant de bons résultats avec des eaux contenant des quantités variables de matières en suspension, il n'y a pas de raison pour qu'ils ne puissent en supporter des quantités plus considérables s'ils étaient construits dans ce but.

L'auteur ne se repose pas sur ce simple argument. Dans un village du Kent, les eaux d'égout dont 40 à 50 pour 100 sont constituées par des eaux résiduaires de brasseries, sont reçues dans une seule fosse septique, dont on n'a pas retiré de boues depuis huit ans qu'elle fonctionne. La fermentation y est toujours très active et elle est parfois si tumultueuse que le liquide est très agité : il en résulte que les matières en suspension sont déversées sur le lit bactérien de premier contact. Ces matières s'y oxydent plus ou moins et passent sur le lit de deuxième contact où elles sont arrêtées à la surface par les fins matériaux qui le forment. On les retire alors à la main dans un état qui ne cause aucune nuisance. La fosse septique et les lits de premier contact retiennent un certain temps les matières en suspension, et les déchargent éventuellement, de façon qu'ils ne perdent ni l'une ni les autres de leur capacité, toute l'action paraissant due à un procédé naturel.

Tous les efforts tendaient auparavant à éviter que les matières solides viennent colmater les lits bactériens. Il est reconnu maintenant que, même si l'effluent de la fosse septique contient très peu de matières en suspension, l'effluent des lits bactériens en renfermera des quantités plus importantes, d'où

il résulte qu'il y a lieu de les retenir dans des bassins de décantation, où elles se déposent sous forme d'humus.

Ce fait a été reconnu par l'auteur déjà depuis un certain temps, et il en est arrivé à cette conclusion que la méthode la plus satisfaisante n'est pas d'arrêter les matières en suspension à la surface des lits bactériens, mais au contraire de faciliter leur évacuation avec l'effluent. Ceci s'applique aussi bien aux lits de contact qu'aux lits à percolation, et dicte l'emploi de matériaux d'une grosseur uniforme de la surface à 15 à 22 centimètres de fond, la couche du fond étant composée de morceaux plus volumineux reposant sur un faux fond perforé couvrant toute la surface inférieure. Ce procédé ne diminuera pas seulement l'ébouage des fosses et le colmatage des lits bactériens, mais aussi réduira considérablement la quantité des matières solides à traiter séparément. Les matières entraînées par l'effluent des lits bactériens se sèchent facilement sur une aire convenablement drainée sans causer aucune nuisance, on aura ainsi diminué les difficultés du problème des boues.

L'adoption de ce principe entraînera quelques changements dans les méthodes actuelles de construction. Les chambres à sables seront conservées, mais on évitera que les matières organiques s'y déposent avec les sables, les pierres et autres matières minérales. Les bassins de décantation seront modifiés; au lieu de chercher à éviter que les matières en suspension s'en échappent, on devra simplement les retenir jusqu'à ce qu'elles soient brisées en particules très finement divisées : elles pourront alors être entraînées avec l'effluent. Dans tous les cas on évitera, autant que possible, de retenir les boues de ces bassins. Les bassins de décantation qui ont été interposés entre les fosses septiques et les lits bactériens deviennent inutiles.

Pour l'épuration sur les lits bactériens, il sera indubitablement nécessaire, dans la plupart des cas, de faire une double filtration soit sur lits de contact, soit sur lits à percolation, et il est possible que les lits de contact si abandonnés retrouvent une partie de leur succès. Les matériaux seront choisis parmi ceux qui ne se désagrègent pas facilement; ils seront de grosseur uniforme pour que de petites parties ne viennent pas boucher les interstices compris entre eux. Le faux fond sera

établi de façon à faciliter la sortie des matières en suspension.

A la sortie des lits de premier ou de second traitement, on construira des bassins de décantation donnant toute facilité d'en retirer les dépôts. Enfin on établira des dispositifs pour sécher ces matières.

L'auteur ne prétend pas avoir solutionné le problème des boues, ni suggéré qu'il n'y aura pas de boues, ou que ses propositions sont applicables dans toutes les conditions; il pense toutefois que ces principes peuvent être adoptés dans beaucoup de cas, principalement pour les villes où les eaux d'égout sont uniquement domestiques et ne sont pas trop chargées de matières organiques, ou résistantes à la désintégration.

Cette communication lue à la réunion annuelle de l' « Association of managers of sewage disposal works » a été suivie d'une discussion intéressante que nous résumons.

Le président, M. Dibdin, après avoir félicité l'auteur dont il partage les idées, dit que les assistants peuvent se diviser en deux groupes, ceux qui aiment les boues dégageant des mauvaises odeurs et ceux qui ne les aiment pas, et il ne doute pas que les derniers soient les plus nombreux. Il pense que la question se résume à obtenir des boues dont le traitement ne soit pas désagréable.

A une question posée par M. Flynn qui se demande ce que devient la boue ainsi détruite, M. Dibdin expose le calcul suivant : Londres a une population de 7000000 d'habitants environ; si l'on admet que pour sa nourriture chaque habitant absorbe 900 grammes d'aliments, il y a une consommation journalière de 6300 tonnes contenant environ la moitié d'humidité, soit 3150 tonnes de matière sèche. Sans compter les eaux de lavage des rues qui apportent aussi leur contingent, si on transforme les matières sèches en boues à 90 pour 100 d'eau, on devrait en rejeter 220500 tonnes par semaine, s'il n'y avait aucune destruction. Il ne connaît pas le nombre exact, mais il estime que les égouts de Londres rejettent par semaine environ 40000 tonnes de boues. Les 220000 tonnes d'aliments n'ont donc produit que 40000 tonnes de boues, la différence est ce qui disparaît pendant la digestion. Cet exemple, dit-il, montre d'une façon frappante ce qui peut se produire dans les procédés biologiques des eaux d'égout.

M. Martin rappelle que la même idée a été émise il y a 15 ans et que la méthode préconisée par M. Easdale a été mise en pratique en certains endroits. Dans quelques cas, les résultats ont été satisfaisants : on constatait une plus grande destruction de la boue; les fosses devaient être curées moins souvent et la boue était peu désagréable à manipuler. Dans d'autres cas, par suite de conditions différentes ou de mauvaise application de la méthode, les résultats ont été très mauvais. Il avertit l'auteur que, si ses propositions étaient acceptées, il subirait les reproches de ceux qui auront adopté sa méthode. Il lui semble que l'auteur est parti de données fausses et naturellement qu'il arrive à une conclusion erronée. M. Easdale dit que, puisque les lits bactériens peuvent recevoir des quantités relativement grandes de matières provenant d'effluents de fosses dans certaines villes, ils pourront ainsi recevoir de plus petites quantités de matières en suspension dans l'eau d'égout brute. Il perd de vue que le fait que les lits bactériens peuvent fonctionner avec des effluents contenant des matières en suspension dépend non seulement de la quantité de ces matières, mais de leur condition, surtout physique, qui est très différente dans l'eau brute et dans l'effluent de fosses septiques. M. Martin pense que dans quelques cas, l'eau d'égout, débarrassée seulement des plus grosses matières, pourra être épurée sur des lits à percolation; mais il est très douteux qu'elle puisse l'être sur des lits de contact. On ne peut assimiler les lits de contact, tels qu'on les construit, aux lits d'ardoise, car ces derniers ont été établis pour pouvoir être lavés facilement. Si les lits de contact sont formés de gros matériaux, ce lavage pourra être effectué, mais c'est aux dépens de l'épuration. M. Easdale exagère l'utilité du faux fond, très important dans les lits à percolation et plutôt nuisibles dans les lits de contact. En conclusion, M. Martin déclare que, plus est efficace le traitement préliminaire, moins les lits se colmateront et plus facilement on obtiendra une épuration importante et régulière.

En réponse aux objections qui ont été soulevées pendant la discussion, M. Easdale répond qu'il est bien difficile de changer les opinions arrêtées. En reportant le traitement des boues après l'épuration au lieu de le mettre en avant, il pense

qu'on diminuerait les difficultés créées par ces boues. On a dit que les lits de contact devaient être renouvelés tous les quatre ans; il est persuadé que s'ils étaient convenablement construits, ces renouvellements seraient beaucoup moins fréquents. Ces lits devraient être formés de scories bien vitrifiées, dont la grosseur varierait avec la composition des eaux à épurer. Il a appris avec plaisir que l'humus qui se détache des lits bactériens est considéré comme un meilleur engrais que la boue telle qu'on l'obtient actuellement dans les fosses. Le faux fond qu'il préconise ne laisse pas un espace plus grand que 5 centimètres entre les matériaux et le fond du lit. Il ne prétend pas avoir résolu le problème des boues, mais il pense que les difficultés de traitement et de séchage des boues de fosses septiques et de bassin de décantation et les mauvaises odeurs qu'elles répandent seraient considérablement diminuées si on adoptait la méthode qu'il a exposée.

Méthodes de traitement des boues ([1]). — Le rejet des boues à la mer paraît indiqué dans les villes maritimes ou dans celles situées sur les grands fleuves près de leur embouchure. Il a cependant le grave inconvénient d'obliger à transporter de très grandes quantités d'eau, car les boues contiennent en moyenne 90 pour 100 d'humidité.

Quelques exemples montreront le coût de ce traitement.

VILLES	Tonnes de boues liquides transportées	Pour cent d'humidité	Coût par tonne de boue liquide	Coût total
London	2 500 000	92	0fr,45	1 171 875fr
Glasgow	915 689	87	0fr,62	591 583fr,60
Manchester. . . .	176 500	86,7	0fr,92	168 995fr,40
Salford.	150 000	81	0fr,946	147 812fr,50
Dublin.	114 500	90	0fr,502	59 873fr,75

Ces 3 856 489 tonnes de boues transportées ne contiennent réellement que 382 488 tonnes de boues sèches. Si ces boues avaient été pressées pour ne plus contenir que 50 pour 100

([1]) H. B. Ogden, *San. Rec.*, 17 nov. 1910, p. 477.

d'eau, on aurait obtenu 764 976 tonnes de tourteaux pour une dépense moyenne de 2fr,50 par tonne, soit au total 1 912 450 francs, inférieure à celle du rejet à la mer qui a été de 2 159 900 francs. D'autre part, ces tourteaux sont vendus comme engrais à des prix variant de 2fr,50 à 8fr,75 la tonne. En prenant le prix moyen de 4fr,55 la tonne leur vente aurait rapporté 3 544 770 francs. Le lieutenant-colonel Jones évalue la tonne de boue pressée, à la chaux, de 4fr,55 à 5 francs la tonne.

Dans un de ces rapports, M. Melvin, de Glasgow, dit qu'il y a sept ans les fermiers ne voulaient pas enlever les boues même gratuitement, tandis que maintenant la vente en est très facile à la station de Dalmarnock. L'épuration y coûte 5fr,56 par 1000 mètres cubes, mais par la vente des boues pressées ce prix est réduit à 2fr,46. D'après le Dr Voelcker, le prix de la tonne de boues ne serait pas moindre de 12fr,50, tandis que A. Smetham, en calculant d'après la teneur des substances fertilisantes qu'elles contiennent, l'estime à 10 francs.

Pour le traitement par la terre, en tranchées, le prix s'élève suivant certains à 0fr,444 par tonne de boues humides; pour d'autres il est de 0fr,52 à 0fr,70. Mais on ne trouve aucune indication sur la perte de revenus des terres pendant l'application de la boue qui est au moins de 500 francs par hectare. On sait qu'il faut 0m²,660 par tonne de boues liquides.

Des expériences d'incinération ont été faites à Huddersfield d'une façon industrielle, avec des appareils donnant le meilleur rendement en gaz combustible de boues contenant 50 à 55 pour 100 d'humidité. Les tourteaux mélangés d'environ 25 pour 100 de leur poids de résidus de charbon ont donné par tonne 2240 mètres cubes de gaz de pouvoir calorifique de 112 et 27 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque par tonne de boue sèche, contenant 1,46 pour 100 d'azote. Par comparaison, une tonne de charbon donne 4480 mètres cubes de gaz de pouvoir calorifique de 154,6 et 55 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque.

Pour être incinérées, les boues doivent être en partie desséchées, ce que l'on obtient avec les filtres-presses. Cependant, il est quelquefois nécessaire d'ajouter de la chaux aux boues

avant de les presser, 1,25 à 1,45 pour 100 du poids des boues liquides, d'après Ogden.

Le travail d'une année a permis à l'auteur d'établir le prix de la tonne de boue pressée (à 50 pour 100 d'eau) à 2fr,15, soit 4fr,30 pour une tonne de matière sèche, auquel il faut ajouter 0fr,30 pour intérêts et amortissements, soit 4fr,60. En calculant sur le poids de boues pressées qu'on pourrait obtenir, le rejet à la mer coûte à Londres 5fr,80 la tonne, à Glasgow 4fr,78 et à Manchester 7fr,15.

Il est quelquefois possible d'écouler ces boues pressées directement pour être employées comme engrais; cependant lorsqu'on doit les envoyer au loin, il est utile de réduire à 12 pour 100 la teneur en eau pour diminuer le prix de transport. L'auteur propose d'utiliser la vapeur perdue par les machines des stations d'épuration pour sécher les tourteaux réduits en briquettes. Il ne faut pas les dessécher pulvérisés, car il peut se produire des combustions spontanées.

Nous avons résumé l'an dernier un travail du Dr Voelcker sur la valeur des boues comme engrais (1).

D'après le rapport de la station de Kingston, les boues appliquées comme engrais à diverses cultures ont permis d'obtenir des rendements supérieurs à ceux des autres parties de l'Angleterre. On a remarqué aussi que lorsque les boues étaient employées sur les prairies artificielles, les bestiaux y paissaient de préférence.

La chaux ajoutée pour faciliter le pressage des boues semble produire le meilleur effet, car elles sont finement divisées, surtout dans les terres fortes. De plus, la chaux peut décomposer les matières azotées insolubles de la terre et permettre ainsi leur assimilation.

Imhoff (2) indique par quels moyens les boues des décanteurs Emscher peuvent être très simplement traitées. Il faut d'abord obtenir des boues bien desséchées et on y arrive aisément par le séjour à l'air sur des lits bien drainés. On obtient des boues très faciles à dessécher quand elles se décomposent

(1) Ces *Recherches*, 6e volume, p. 176.

(2) *Techn. Gemeindeblatt*, 1910, 13e année, p. 195, et *Wasser und Abwässer*, t. IV, p. 77.

sous l'eau dans des cavités profondes, et il est recommandable, dans ce but, de bâtir les décanteurs aussi profondément que possible. La forte pression de l'eau retient alors dans les boues une grande quantité de gaz comprimés qui se dégagent au moment de l'évacuation des boues en les transformant en une masse écumeuse qui perd très rapidement son eau par drainage, mais non pas par décantation. Ce traitement ne donne pas de mauvaises odeurs.

Revenant sur cette question dans une autre communication (1) Imhoff attire l'attention sur le rôle mécanique que jouent les gaz qui se produisent dans les décanteurs sur la décomposition des boues. Ces gaz se fixent sur les boues jusqu'à ce qu'elles deviennent plus légères que l'eau : elles se soulèvent alors, laissent dégager les gaz et retombent. Les boues sont ainsi continuellement en mouvement, ce qui active les phénomènes biologiques de décomposition. En outre, au moment de la vidange des boues des décanteurs Emscher, la pression qui est d'environ deux atmosphères dans les décanteurs tombe à environ une atmosphère; le volume des gaz augmente en conséquence et les boues deviennent si légères qu'elles flottent à la surface de l'eau, tandis que les boues extraites par des pompes perdent tout leur gaz et deviennent très denses et difficiles à dessécher.

La dessiccation des boues par centrifugation (2) a donné, d'après Schäfer, au cours des essais entrepris à Francfort avec l'appareil Schäfer-Ter-Meer (3), des résultats très satisfaisants. On obtient chaque jour 50 mètres cubes de boues sèches qui sont mélangées à des cendres et brûlées. Leur pouvoir calorifique atteint 3200 à 3500 calories.

Ter Meer fait connaître les résultats obtenus avec la turbine Schäfer-Ter-Meer dans d'autres installations. Les deux premiers appareils ont été montés en 1907 à Harburg, où on dessèche chaque jour 15 à 20 mètres cubes de boues avec une

(1) *Gesundheits Ingenieur*, 33e année, 1910, p. 880, et *Wasser und Abwässer*, t. IV, p. 77.

(2) *Mitteil. der Frankf. Bez., Vereins Deutscher Ingenieur*, 1910, p. 2, et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 455, et d'après G. Ter Meer, *die Städtereinigung*, 1910, p. 100 et suivantes, et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 455.

(3) Voir ces *Recherches*, t. IV, p. 65.

dépense de force de 30 à 40 centimes par mètre cube. A Hanovre, on traite chaque jour 80 à 100 mètres cubes de boues, en 8 ou 10 heures, avec quatre turbines actionnées par un moteur à gaz de 75 chevaux. A Francfort, on utilise 8 turbines mues électriquement : chaque appareil demande une force d'environ 8 chevaux.

Dans un rapport au *West Riding Rivers Board* (1), *H. Maclean Wilson* fait remarquer que les procédés de traitement des boues décrits dans le rapport de la Commission royale anglaise ne sont applicables généralement que dans les grandes villes. Dans les petites villes ou dans les usines on doit amener la boue à un état tel qu'elle puisse être chargée à la pelle dans des tombereaux, par un procédé peu coûteux comme installation et comme fonctionnement.

A Penrith, la boue évacuée des bassins de décantation est très liquide. Elle s'écoule dans quatre lits à fond de béton et à murs de briques sur trois côtés. Dans ces lits, on place une couche de 15 centimètres environ de paille ou de fumier de litière qu'on recouvre d'une couche de boue, puis une autre couche de paille recouverte de même de boue et ainsi de suite jusqu'à ce que le lit soit rempli. A l'extrémité ouverte du lit, ces couches sont retenues par des planches. Le fond du lit est drainé par des demi-tuyaux perforés communiquant avec des tuyaux perforés verticaux s'élevant jusqu'à la surface du lit pour faciliter le drainage et l'aération. L'eau peut ainsi s'échapper très rapidement de la boue, filtrée par la paille et dans un temps très court il est possible d'enlever toute la matière pour la transporter. On emploie en partie des litières et aussi des pailles données par un cultivateur en échange de l'herbe de la station d'épuration. Chaque lit est rempli en six semaines environ et il n'y a pas de difficultés pour vendre son contenu aux cultivateurs 1 sh. 6 par load. On obtient ainsi environ 450 tonnes par an pour une population de 9000 habitants environ; il y a peu d'eaux résiduaires industrielles. Ce procédé breveté semble particulièrement convenable pour les stations d'épuration situées dans des contrées agricoles.

(1) Wakefield, juillet 1911.

A la station d'épuration des eaux d'égouts de Wombwell, les filtres à boues sont construits dans des travées contre les murs des bassins de décantation élevés. Chaque travée a des murs sur trois côtés et un fond de béton incliné vers le quatrième côté, le plus éloigné du bassin de décantation. Ce dernier côté est obturé, comme à Penrith, par des planches de bois. Sur le fond, se trouvent trois lignes de drains perforés sur lesquels est disposé le filtre en scories de grosseur variant de 50 à 75 millimètres au fond à celle des fines cendres (débarrassées de poussières) à la surface, sur une épaisseur de 0^{m},45. Les scories sont relevées du côté des planches pour que la boue ne puisse s'échapper. Le liquide qui s'écoule est reçu dans un puisard d'où il est renvoyé par une pompe à l'égout.

Un troisième procédé est en usage aux stations d'épuration de Guiseley et de Haworth. Le filtre à boues est formé de quatre murs avec un fond de béton incliné de chaque côté vers un canal central recouvert de pierres plates ou de tuiles surélevées par des supports. Le drainage est obtenu par des pierres brutes qui recouvrent le béton, comme pour le macadam, les pierres étant placées parallèlement aux extrémités du filtre pour que les eaux s'écoulent dans le canal central. Le filtre est composé de scories de 50 à 75 millimètres sur 0^{m},15 d'épaisseur, puis une couche de 75 millimètres de scories de 12 à 25 millimètres et enfin une couche de 75 millimètres de fines scories sans poussières. Pour obtenir de bons résultats, il faut remplir certaines conditions : les filtres doivent être en nombre suffisant pour qu'il y en ait hors service pour nettoyage ou repos; on ne doit pas y déverser plus de 0^{m},50 de boues. Au bout de quelques jours, par temps sec, la boue est d'une consistance suffisante pour être enlevée à la pelle et, si cet enlèvement est opéré avec soin, on n'entraîne que peu de la couche de fines scories, laissant ainsi une surface propre et non colmatée. On projette alors un peu de fines scories à la surface et on recharge de boues; il est cependant recommandé de laisser le lit exposé à l'air pendant au moins une semaine. Comme il y a avantage à pouvoir recharger le filtre tous les quinze jours, on peut obtenir les mêmes résultats par temps de pluie en le recouvrant d'une toiture. Le liquide qui s'écoule est généralement très contaminé et doit

être épuré soit séparément, soit avec l'ensemble des eaux d'égout ou des eaux résiduaires.

Le traitement des boues par tranchées, tel qu'il est décrit dans le rapport de la Commission royale anglaise, est en usage depuis deux ans à la station d'épuration de Wakefield. Bien que le sol sur lequel les boues sont répandues soit d'une composition aussi défectueuse que possible, la boue a été traitée avec peu d'inconvénients. Des tranchées sont creusées dans le sol, largeur $0^m,90$ et profondeur $0^m,45$, espacées de $1^m,50$ entre lesquelles on a rejeté la terre enlevée. Ces tranchées sont creusées un certain temps avant leur emploi, car on a reconnu que le sol fortement argileux absorbe mieux l'humidité lorsqu'il a été exposé à l'air. Les boues s'écoulent par gravitation des bassins de décantation, où elle a été précipitée par la chaux, dans un puits à boues, d'où elle est pompée dans une canalisation en fer qui la répartit dans les tranchées. On remplit d'abord les tranchées sur une épaisseur de $0^m,60$ et lorsque la plus grande partie de l'eau s'est infiltrée ou évaporée, on recharge de nouveau; on peut quelquefois répéter l'opération une troisième fois. On laisse sécher la boue pendant quelque temps (généralement pendant trois semaines), on comble alors les tranchées pour unifier la surface du terrain. On peut faire de nouvelles tranchées dans l'intervalle de séparation.

Le coût du traitement des boues par cette méthode peut être comparé très favorablement avec celui des autres méthodes. A Wakefield, ce coût est de $0^{fr},78$ par mètre cube de boue humide si on ne pratique qu'un seul remplissage des tranchées; si, au contraire, on en pratique trois, le prix est à peu près moitié moindre.

Quant aux surfaces nécessaires, elles varient suivant la porosité du sol, de 4000 à 12000 mètres carrés par 1000 tonnes de boues humides.

On extrait des *matières grasses* des boues à Oldham [1] par la distillation avec la vapeur surchauffée. On opère de la façon suivante.

[1] *Eng. Rec.*, 1er oct. 1910, p. 383. — *Royal Inst. of Public Health Congress.* — Voir aussi ces *Recherches*, 4e volume, p. 86.

La boue de fosse est passée au filtre-presse pour en réduire l'humidité à 60 pour 100, puis placée à la partie supérieure d'un sécheur. Cet appareil a la forme cylindrique, que la boue traverse par le moyen d'une vis sans fin et tombe, par une vanne qui expulse l'air froid, dans un récipient en métal. On ajoute alors une petite quantité d'acide sulfurique au produit desséché. Le mélange est entré à force dans un appareil muni d'un arbre central garni de bras dans lequel on introduit de la vapeur surchauffée qui entraîne la matière grasse qui se condense dans une tour à eau et est collectée dans des tubes.

Le résidu est brun, inodore, de composition variable, et mélangé au nitrate ou à la kaïnite, il forme un excellent engrais.

1 tonne de boue pressée donne 62 kilogr. 420 de matières grasses et 354 kilogr. 750 d'engrais.

Traitement des eaux d'égout et des boues par les nitrates[1].

On connaît les relations étroites qui existent entre la présence des nitrates et le degré de putrescibilité des eaux. Des essais entrepris par Weldert sur le traitement des eaux d'égout et des boues par les nitrates ont donné les résultats suivants : une eau d'égout normale peut être rendue imputrescible par l'addition de nitrates dans la proportion de 100 grammes à 1 kilogramme par mètre cube d'eau purifiée par décantation en bassins. La durée d'action est de deux à quatre jours. L'eau n'a plus d'odeur désagréable. L'azote organique et l'azote ammoniacal, l'oxydabilité diminuent; les matières organiques azotées se décomposent en dégageant de l'azote libre. Les boues se comportent comme les eaux d'égout vis-à-vis des nitrates, mais il faut évidemment employer de plus grandes quantités de nitrates, de 1 kilogr. 5 à 8 kilogrammes par mètre cube de boues. L'odeur putride disparaît au bout de 6 à 12 heures et, après deux à huit jours, la

(1) D'après Weldert, *Mitteil a. d. Kgl. Prüfungsanst f. Wasserversorg*, usw., 1910, n° 13, p. 96 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 569.

boue peut être portée sur un filtre où on l'étale en couches d'épaisseur moyenne et où elle prend en quelques heures une consistance ferme en perdant 50 à 70 pour 100 d'eau. Les frais occasionnés par l'emploi du nitrate s'élèvent, par mètre cube d'eau d'égout, de 0 fr. 025 à 0 fr. 25 et par mètre cube de boues de 0 fr. 575 à 2 francs. Ces résultats vont être vérifiés en grand et la méthode pourrait être intéressante au moins pour résoudre la question des boues.

CHAPITRE XIII

LITS BACTÉRIENS

Nouveaux dispositifs [1]. — Olfster et Schmidt ont pris un brevet allemand 224241 Kl. 85 c. pour un lit bactérien souterrain dans lequel ils ont cherché à réaliser une aération uniforme du lit de manière à éviter l'inconvénient ordinaire qui est l'aspiration, en grande masse, des gaz de l'eau d'égout tandis que la circulation d'air frais est très réduite. L'appareil comprend une fosse de clarification préalable, un bassin de décantation et un lit bactérien qui reçoit par un tuyau horizontal l'eau d'égout provenant du bassin de décantation. Le lit bactérien est placé à la partie inférieure d'une cavité ménagée dans le sol, à la hauteur du bassin de décantation. Un espace libre se trouve entre les parois internes de la cavité et les parois du lit bactérien, qui sont elles-mêmes percées d'ouvertures : le fond du lit bactérien est également perforé, et au milieu du lit s'élève en outre un gros tube percé d'orifices, de sorte que la circulation de l'air peut s'effectuer librement dans toutes les parties du lit bactérien. Celui-ci est constitué par du coke.

Les eaux qui s'écoulent du lit bactérien se réunissent dans une fosse située au-dessous du lit et formant prolongement de la cavité qui renferme le lit bactérien. Cette fosse est munie d'un vase à désinfection et elle alimente un siphon qui conduit les eaux au dehors.

Les murs de la cavité qui renferme le lit bactérien sont également percés d'orifices qui s'ouvrent dans le sol, pour permettre l'arrivée des germes utiles. Les orifices de ventilation sont au niveau du sol ; quatre canaux verticaux, aboutissant aux quatre coins du lit, dans l'espace compris entre le

[1] D'après Dr Schall, *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 457, et IV, p. 67.

lit et les parois de la cavité qui le renferme, assurent le contact avec l'atmosphère; une cheminée d'évacuation, s'ouvrant à la partie supérieure du lit, permet l'élimination de l'air vicié.

Herm. Liebold, de Dresde, a pris un brevet allemand 220060 Kl. 85 c. pour un lit bactérien spécial, limité sur un ou plusieurs côtés par des parois verticales, placées en gradins à diverses hauteurs. Ces parois ne descendent pas jusqu'à la base du lit, et l'espace compris entre deux parois successives est rempli de gros matériaux. Cette disposition soutient très bien les matériaux, tout en assurant une aération régulière du lit bactérien.

Un brevet allemand 218859 Kl. 85 c. est relatif à une rigole mobile à bascule pour la répartition de l'eau sur les lits percolateurs. Cette rigole est divisée en deux parties qui se remplissent et se déversent alternativement sur le lit, tandis que deux rochets agissant sur deux roues dentées placées à chaque extrémité de la rigole font avancer celle-ci régulièrement sur le lit.

Pierres spéciales pour garnir le fond des lits bactériens percolateurs [1]. — On se contente souvent, dans la construction des lits bactériens percolateurs, de constituer le fond du lit au

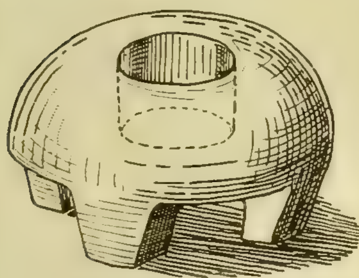


Fig. 13. — Pierre spéciale employée pour le fond des lits bactériens.

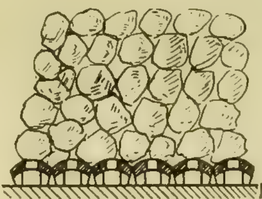


Fig. 14. — Coupe transversale d'un lit bactérien percolateur muni de pierres spéciales qui garnissent le fond.

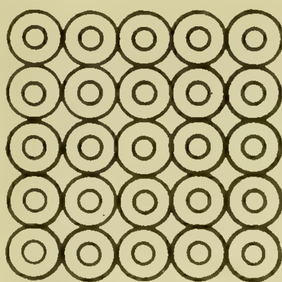


Fig. 15. — Plan indiquant la disposition des pierres spéciales sur le fond du lit bactérien.

moyen de morceaux de briques ou de tuyaux de poterie, afin d'assurer l'évacuatien des eaux épurées. Ce résultat est beaucoup mieux atteint au moyen des pierres spéciales représentées par les figures 13, 14 et 15; leur surface est sphérique;

[1] D'après Battige, *Gesundheits ingenieur*, 34e année, n° 22, p. 405.

elles sont percées au milieu d'un trou cylindrique et reposent sur quatre pieds. On les range les unes près des autres, en laissant entre elles un intervalle d'un centimètre, pour constituer le fond du lit percolateur. Ces pierres sont en béton armé, très résistantes : elles ont 20 centimètres de diamètre, 12 centimètres de hauteur, et on en emploie ainsi 25 par mètre carré. Le fond du lit est en outre disposé en forte pente (2 centimètres par mètre au moins). Ce mode de construction du fond des lits bactériens est breveté.

Utilisation de la tourbe dans les installations d'épuration biologique des eaux résiduaires ([1]). — Guth fait connaître les résultats obtenus dans les essais effectués sur la tourbe à la station expérimentale d'épuration des eaux résiduaires à Hambourg. On a cherché à déterminer si la tourbe pressée du commerce peut être utilisée, pour la filtration intermittente, pour la constitution de la couche superficielle des lits bactériens de scories, et pour la préparation de briquettes destinées à former la base des lits percolateurs. Les premiers essais entrepris par Ghysen ont donné des résultats favorables que nous avons signalés dans un de nos précédents volumes ([2]). Ces essais ont été encore poursuivis pendant un an et les conclusions n'ont pas changé : cependant, sur certains points, on a observé quelques différences avec les constatations anciennes.

Les expériences ont porté sur cinq lits de filtration intermittente et sur 8 lits bactériens percolateurs : les résultats obtenus ont été les suivants :

Filtre intermittent n° 1. — Couche de tourbe de 1 mètre, en petits morceaux; chargement avec de l'eau d'égout brute : épuration excellente, avec un chargement par une couche d'eau de 50 centimètres; l'effluent, brun pendant la première semaine, est resté encore foncé, et a gardé même après cinq mois une couleur rouge jaunâtre.

Filtre intermittent n° 2. — Semblable au précédent, mais chargé avec de l'eau d'égout ayant séjourné en fosse septique. Les observations ont été les mêmes, mais l'épuration a été moins bonne qu'avec l'eau brute.

([1]) D'après Dr F. Guth, *Gesundheits-Ingenieur*, 35e année, n° 37, p. 683.
([2]) Voir ces *Recherches*, t. IX, p. 57.

Filtre intermittent n° 3. — 125 litres de tourbe mélangée de 25 litres de craie en morceaux de 10 à 30 millimètres, sous couche de 1 mètre, chargement avec de l'eau d'égout brute : épuration excellente; la diminution de l'oxydabilité atteint 40 à 50 pour 100; l'effluent est imputrescible et légèrement coloré en jaune.

Filtre intermittent n° 4. — Semblable au précédent, mais chargé avec de l'eau d'égout ayant séjourné en fosse septique : l'effluent est légèrement coloré en jaune, il est imputrescible, mais la diminution de l'oxydabilité est plus faible que pour les filtres chargés avec de l'eau d'égout brute.

Filtre intermittent n° 5. — 80 centimètres de tourbe pulvérisée, surmontant une couche de 20 centimètres de craie en grains de 3 à 10 millimètres; chargement avec de l'eau d'égout ayant séjourné en fosse septique; l'effluent est particulièrement clair; la diminution d'oxydabilité est moindre que dans les lits chargés avec l'eau d'égout brute.

Ces cinq filtres ont fourni des effluents imputrescibles, d'odeur légèrement terreuse, riches en nitrates, très pauvres en ammoniaque et en matières en suspension.

Lits percolateurs. — N° 4 : 50 centimètres de tourbe pulvérisée, 10 centimètres de gravier en grains de 3 à 10 millimètres, 10 centimètres de gravier en grains de 10 à 30 millimètres et 30 centimètres de grosses scories; chargement avec de l'eau brute.

N° 5 : semblable au précédent, mais chargé avec de l'eau ayant séjourné en fosse septique.

N° 6 : 1 mètre de tourbe pulvérisée, 10 centimètres de craie en grains de 3 à 10 millimètres, 10 centimètres de gravier en grains de 3 à 10 millimètres, 10 centimètres de gravier en grains de 10 à 30 millimètres, et 30 centimètres de grosses scories : chargement avec de l'eau sortant de la fosse septique.

N° 7 : 50 centimètres de tourbe pulvérisée, 50 centimètres de scories; chargement avec de l'eau sortant de la fosse septique.

N° 8 : 50 centimètres de gravier en grains de 1 à 3 millimètres, 10 centimètres da gravier en grains de 3 à 10 millimètres, 10 centimètres de gros gravier : chargement avec de l'eau sortant de la fosse septique.

N° 17 : 50 litres de tourbe pulvérisée mélangés à 10 litres de craie en grains de 30 à 40 millimètres, sous une couche de 85 centimètres; chargement avec de l'eau sortant de la fosse septique.

N° 19 : 50 centimètres de tourbe pulvérisée et 50 centimètres de mottes de tourbe : chargement avec de l'eau d'égout brute.

N° 20 : semblable au précédent, mais chargé avec de l'eau sortant de la fosse septique.

Tous ces lits percolateurs ont été chargés d'abord avec un demi-mètre cube, puis avec un mètre cube et enfin avec un mètre cube et demi d'eau par mètre carré de surface et par 12 heures : on est revenu ensuite à 1 mètre cube : tous les lits ont travaillé ainsi pendant un an dans des conditions excellentes : on n'a dû enlever qu'une seule fois la couche superficielle de 5 centimètres pour la remplacer par une couche nouvelle. Les effluents ont été imputrescibles, d'une très faible odeur terreuse, riches en nitrates, pauvres en ammoniaque; la diminution de l'oxydabilité a atteint 50 à 80 pour 100, mais elle ne s'est manifestée partout qu'au bout de quelques semaines.

Lors de la démolition des lits, on a constaté que la couche superficielle de tourbe pulvérisée était colmatée et visqueuse jusqu'à une profondeur de 10 centimètres : la tourbe située au-dessous avait gardé ses propriétés premières : tous les lits renfermaient des vers et des insectes en grande abondance.

On peut conclure de ces résultats que la tourbe, quand elle est poreuse, est une substance qui se prête parfaitement à la constitution des lits bactériens. L'eau brute est plus facilement épurée que l'eau qui a séjourné en fosse septique. Les effluents sont colorés par des matières humiques dans les premières semaines et accusent souvent une augmentation de l'oxydabilité qui disparaît par la suite et qui d'ailleurs ne peut pas servir de criterium pour l'épuration. Au bout d'un certain temps de fonctionnement, les lits bactériens qui contiennent de la craie donnent des effluents sensiblement identiques à ceux qui n'en contiennent pas, aussi bien sous le rapport de la coloration que sous le rapport de la diminution de l'oxydabilité.

Méthodes pour remédier au colmatage des lits bactériens à percolation (¹). — Les expériences entreprises à la station d'essai de Philadelphie pour rechercher les méthodes propres à remédier au colmatage des lits bactériens à percolation ont conduit aux résultats suivants :

1° Par le repos, les lits n'étant plus alimentés en eau à épurer, les matières qui s'y sont accumulées se sèchent et se détachent suffisamment des matériaux pour être éliminées par la décharge ordinaire des becs pulvérisateurs. Cette méthode, très bonne en été et sans dépense de main-d'œuvre, n'est pas applicable en hiver;

2° Le lavage à la lance de pompe à incendie permet d'éliminer de grandes quantités de matières solides, sans avoir à piocher les lits, et sans que les actions biologiques soient diminuées, en employant 140 litres d'eau par mètre carré de surface de lit. En 24 heures deux ou trois hommes peuvent traiter 4000 mètres carrés de lits;

3° L'application de chlorure de chaux en poudre, bien que donnant de bons résultats, ne fut pas économique, car l'action n'est pas aussi efficace qu'avec les solutions fortes pénétrant dans le lit. De plus, lorsque l'effluent était déversé sur le lit, une grande partie du chlore actif passait au travers du lit si rapidement qu'il n'était pas utilisé par les matières oxydables;

4° L'emploi d'une forte solution de chlorure de chaux dans la proportion de 0 kil. 500 par mètre carré par le moyen des becs pulvérisateurs fut très économique. Il suffisait de vider les tonneaux de poudre dans le bassin mesureur, de délayer et de déverser le mélange par les becs pulvérisateurs comme une eau à épurer. Le seul travail consiste donc à vider la poudre et à la mélanger;

5° La désinfection continue de l'eau avant son déversement sur un lit bactérien l'a maintenu en parfaite condition. Elle nécessite un appareil peu coûteux pour l'addition de désinfectant en solution à l'affluent et la préparation de cette solution.

(¹) *Eng. Rec.*, 29 août 1911, p. 469.

Épuration bactérienne des eaux résiduaires de récupération d'ammoniaque dans les usines à gaz[1]. — Depuis longtemps l'expérience de l'épuration des eaux d'égout de Manchester, qui contiennent plus de 0,5 pour 100 d'eaux résiduaires de récupération d'ammoniaque, a montré que ces eaux mélangées aux eaux d'égout dans cette proportion peuvent être épurées. D'autre part en 1899, les égouts reçurent un grand afflux d'eaux résiduaires contenant une forte proportion de sulfocyanates et la réduction de l'oxydabilité des eaux épurées fut néanmoins considérable.

Depuis, Frankland et Silvester ont montré que les eaux d'égout contenant 9 pour 100 de ces eaux résiduaires peuvent être épurées d'une façon satisfaisante sur les lits bactériens.

Les eaux résiduaires d'usines à gaz contiennent principalement des phénols et des sulfocyanates comme matières oxydables. Des expériences montrèrent en 1899 que le sulfocyanate d'ammoniaque et le phénol pouvaient être oxydés dans les lits bactériens.

Nous avions conclu, d'expériences sur de petits lits bactériens de laboratoire[2], que les sulfocyanates y échappent à l'oxydation et que, lorsqu'ils sont en forte proportion, ils peuvent entraver la nitrification. Les auteurs font remarquer que nos lits étaient ensemencés avec de la délayure de terre arable et peuvent par suite être considérés comme seulement nitrificateurs. Cependant ils ont jugé utile de reprendre leurs expériences dont ils rapportent les résultats.

En composant, en 1908, des lits d'expérience avec des matériaux prélevés sur des lits de second contact en pleine activité, les auteurs obtinrent une oxydation beaucoup plus faible qu'en 1899, où ils avaient employé des matériaux de lits de premier contact; cependant avec de nombreux contacts ils purent transformer complètement le sulfocyanate d'ammoniaque ou de potasse en sulfate et nitrates. Cette différence dans l'action des matériaux des deux lits explique les résultats constatés dans nos expériences, car n'ayant obtenu aucune

(1) D'après G. Fowler, Ardern et Lockett. Comptes rendus du Rivers Committee de Manchester, 1910-1911.
(2) Ces *Recherches*, 5e volume, page 81.

oxydation après le 1er contact, nous n'avions pas jugé utile de les répéter.

Les lits de contact de laboratoire qui furent employés par les auteurs étaient formés de tuyaux de poterie de 0m,60 de long sur 0m,10 de diamètre dont une extrémité était bouchée, remplis de scories de 6 à 25 millimètres ou de 12 à 25 millimètres. Ils furent alimentés avec l'effluent de fosses septiques jusqu'à ce que la nitrification fût établie.

Ces lits étaient remplis de la solution expérimentée, puis vidés après 15 minutes; la durée complète des opérations, remplissage, contact, vidange, était de 50 minutes. L'effluent obtenu était considéré comme point de départ et comme solution originelle, ceci pour éviter l'effet des dilutions produites par les liquides des espaces interstitiels entre les scories.

On opérait deux contacts par jour : remplissage 30 minutes, contact 1 heure 30, vidange 30 minutes.

Les auteurs tirent de leurs expériences les conclusions suivantes :

1° Les solutions de sulfocyanates et de phénol peuvent être oxydées dans les lits bactériens;

2° Il n'y a aucune différence essentielle entre les sulfocyanates de potasse et d'ammoniaque, pour la rapidité d'oxydation;

3° Environ 50 pour 100 de l'azote du sulfocyanate se retrouve sous la forme d'ammoniaque et de nitrates, et environ 70 pour 100 du soufre sous la forme de sulfate;

4° La dénitrification ne joue pas un rôle important pour l'oxydation des sulfocyanates;

5° Les solutions de sulfocyanates peuvent être oxydées lorsque la concentration ne dépasse pas 0 gr. 187 par litre en CAzS;

6° Les solutions de phénol peuvent être oxydées lorsque la concentration ne dépasse pas 0 gr. 680 par litre;

7° Les produits d'oxydation du phénol sont probablement l'acide carbonique et l'eau;

8° L'oxydation du phénol peut être due jusqu'à un certain point à la dénitrification, mais elle est essentiellement un processus direct;

9° L'oxydation du phénol se produit aussi bien dans les

solutions faiblement acides que dans les solutions légèrement alcalines à la phénolphtaléine;

10° Le phénol est plus rapidement oxydé dans les lits bactériens que les sulfocyanates;

11° L'oxydation du phénol peut être accomplie par l'action d'une seule espèce de germe microbien;

12° L'oxydation des sulfocyanates est due probablement à l'action combinée de plusieurs organismes.

Oxydation du phénol par certaines bactéries en culture pure. — En poursuivant leurs recherches sur les effets de divers antiseptiques dans les lits bactériens pour l'épuration des eaux d'égout, MM. J. Fowler, Ardern et Lockett[1] ont remarqué que les solutions de phénol pur y étaient oxydées. De plus le phénol paraissait exercer une action élective sur les bactéries de ces lits, car on ne retrouvait dans l'effluent que trois ou quatre espèces. La moitié environ de celles-ci liquéfiaient la gélatine et furent identifiées au *bacillus liquefaciens fluorescens*; on séparait aussi un autre microbe chromogène non liquéfiant. En faisant passer un courant d'air filtré dans une solution faible de phénol contenant le mélange de ces microbes, on constatait une légère oxydation du phénol, ce qu'on n'obtenait pas avec les autres germes ordinairement trouvés dans les effluents de lits bactériens.

Les expériences furent faites en ensemençant une culture pure de microbes dans une solution contenant 0,01 à 0,02 de phénol pour 100, et faisant passer un courant d'air filtré au travers du liquide.

Après deux mois, le bacillus fluorescens liquefaciens n'avait produit aucune oxydation appréciable du phénol. Au contraire le bacille chromogène, après trois jours pendant lesquels il avait paru sans action, oxydait le phénol presque complètement en un jour ou deux. En ensemençant avec une culture en bouillon dilué, l'oxydation se fit totalement après quatre jours. Le mélange de ces deux germes ne donna aucune accélération du phénomène. Des expériences de contrôle ont montré que l'oxydation du phénol ne s'obtenait qu'avec des

[1] Comptes rendus des travaux du « Rivers Committee » de Manchester, 1910-1911.

cultures du microbe chromogène vivant et non avec des cultures mortes, ou dans les solutions du phénol non ensemencées. Des cultures en milieu minéral (sulfate d'ammoniaque, phosphate de potasse et carbonate de magnésie), simplement agitées de temps à autre, ont donné une oxydation presque complète en neuf jours et le nombre des germes vivants à ce moment était encore considérable : environ 100 millions par centimètre cube.

CHAPITRE XIV

ÉPANDAGE. — UTILISATION AGRICOLE DES EAUX D'ÉGOUT

En déversant les eaux d'égout sur la terre, on les épure par une oxydation produite sous l'influence de micro-organismes, en même temps qu'on opère un arrosage et une fumure qui augmentent les récoltes.

La difficulté de trouver à proximité des terrains assez étendus pour recevoir les eaux d'égout dans des conditions déterminées a conduit à rechercher des modes d'épuration intensive, tels que l'emploi des lits bactériens. MM. Müntz et Laîné pensent que, bien que ce soit une voie féconde, on a trop perdu de vue l'avantage qu'on peut tirer de l'épandage sur les terres agricoles, qui conduit à l'épuration parfaite, en même temps qu'à l'utilisation économique. C'est cette dernière partie qu'ils ont traitée dans leur travail [1].

La fertilisation des terres par l'eau d'égout est due, non seulement à l'apport des principes fertilisants bien connus, mais aussi à l'apport simultané de l'eau. On sait quelle influence exercent les irrigations sur les rendements des récoltes, aussi a-t-on bien souvent effectué des travaux considérables pour amener des eaux de rivières sur les terrains de culture. Il serait donc logique et économiquement pratique de faire pour les eaux d'égout ce qu'on a fait pour les eaux d'arrosage, c'est-à-dire de les conduire au loin, jusqu'à des surfaces de terre suffisantes pour les utiliser, tout en les épurant, au lieu de les répandre sur des terrains trop restreints.

[1] *Considérations sur l'utilisation agricole des eaux d'égout*, C. R., t. CLII, p. 1814-1818, 26 juin 1911.

Les analyses moyennes de l'eau d'égout de Paris ont donné par mètre cube :

Azote ammoniacal	21gr,61
— organique en solution	7gr,66
— — — suspension	25gr,85
— nitrique	0gr,73
— total	55gr,85
Acide phosphorique	12gr,00
Potasse	45gr,95
Chaux	377gr,00
Magnésie	104gr,40

Au prix moyen des engrais actuels, un mètre cube d'eau d'égout contient des matières fertilisantes valant 0 fr. 105. L'eau d'arrosage étant payée généralement par l'agriculteur 0 fr. 0025 le mètre cube, l'eau d'égout aurait donc une valeur 40 fois plus grande. On peut donc envisager la possibilité économique de l'évacuation à grande distance des eaux résiduaires.

Pendant la période culturale la plante puise, dans l'eau d'égout qui imprègne la terre, les éléments fertilisants dont elle a besoin. Les auteurs ont recherché si, pendant la période hivernale, lorsque la végétation est arrêtée, la terre s'enrichit en principes fertilisants. En arrosant avec l'eau d'égout des terres pendant 7 mois, au taux de 40 000 mètres cubes par hectare et par an, ils ont obtenu les résultats suivants calculés à l'hectare et par an.

	Apporté par l'eau d'égout.	Emporté par les eaux de drainage.	Restant acquis à la terre.
	kgr.	kgr.	kgr.
Azote	2 336,2	1 762,4	573,8
Acide phosphorique	496,2	5,2	491,0
Potasse	1 924,0	336,6	1 587,4
Chaux	15 780,9	8 479,4	7 301,5
Magnésie	4 371,8	294,5	4 077,3

L'azote est en majeure partie enlevé par la nitrification rapide, celui qui reste appartient aux débris organiques peu nitrifiables, retenus par les couches superficielles du sol. L'acide phosphorique est retenu presque intégralement, la potasse et la magnésie en grande partie. La chaux se fixe

aussi, ce qui est contraire à l'opinion courante que les arrosages à l'eau d'égout appauvrissent le sol en calcaire.

MM. Müntz et Laîné ont déterminé que, suivant la nature des sols, les quantités d'eau d'arrosage proprement dit, nécessaires pour la culture, varient de 5000 à 12000 mètres cubes par hectare et par an. Pour la fumure des prairies naturelles, 4000 à 5000 mètres cubes répartis en 8-10 arrosages pendant la période culturale suffisent, tant sous le rapport de la quantité d'eau que sous celui de la quantité d'éléments fertilisants. Pour le blé, qui ne supporte pas les arrosages copieux et répétés, il conviendrait de ne donner que 1500 mètres cubes, quitte à compléter la fumure par du superphosphate.

L'eau d'égout n'est pas un engrais bien équilibré; aussi, pour l'utiliser au maximum, il faut surtout y ajouter des engrais phosphatés.

Les auteurs concluent que, si, avec juste raison, le point de vue de l'épuration, si important pour l'hygiène publique, doit être prédominant, celui de la fertilisation des terres n'en mérite pas moins d'être envisagé, aucun antagonisme n'existant entre eux et grande étant la plus value qu'acquerraient les territoires auxquels serait fait ce double apport d'eau et de substances nutritives.

MM. Müntz et Laîné avaient, peu auparavant([1]), comparé *les phénomènes d'épuration des eaux d'égout par le sol et par les lits bactériens*.

Les deux modes d'épuration des eaux résiduaires, celui par l'épandage sur les terres et celui par le passage sur des lits bactériens constitués artificiellement, sont regardés comme ayant un processus identique, avec cette seule différence que l'action épurante est exaltée avec les derniers, qui, sur une surface très restreinte, conduisent à un résultat analogue à celui pour lequel il faudrait de grandes surfaces de terrains. On était porté à attribuer la part prépondérante, sinon exclusive, dans le processus de l'épuration, à la nitrification proprement dite des matières azotées, principales causes d'infection.

([1]) C. R., t. CLII, p. 1204-1208, 8 mai 1911.

MM. Müntz et Lainé ont montré, dans un travail précédent, que c'est à la combustion directe, produite par les microorganismes banaux de la destruction de la matière organique, que revient la part principale de l'épuration dans les lits bactériens, et que la nitrification ne se place qu'au second plan.

Les auteurs ont expérimenté pour rechercher si les phénomènes étaient les mêmes dans la terre, et si par suite l'assimilation des deux modes d'épuration était exacte. Ils ont créé un terrain de terre franche, assez perméable, qu'ils arrosaient toutes les semaines, dans les conditions de l'épandage agricole, avec une quantité d'eau d'égout correspondant à 40 000 mètres cubes par hectare et par an. La terre, l'eau d'égout et l'eau de drainage ont été analysées particulièrement au point de vue de leur teneur en azote. Après 6 mois et demi la terre a été de nouveau analysée.

En faisant alors le bilan de l'azote apporté et de l'azote retrouvé, les auteurs ont constaté une perte de 1,52 pour 100 de l'azote total mis en œuvre, tandis que dans un bac témoin n'ayant pas reçu d'eau d'égout la terre n'avait ni gagné, ni perdu d'azote. Si on compare cette perte à la quantité d'azote provenant de l'eau d'égout seule, on la voit s'accroître au taux de 16,56 pour 100. Les expériences antérieures avaient montré que sur les lits bactériens c'est environ 60 pour 100 d'azote qui s'éliminent à l'état gazeux.

Les auteurs concluent que les deux modes d'épuration, par les lits bactériens et par l'épandage agricole, diffèrent considérablement. Dans le premier, l'action des organismes habituels de la combustion de la matière organique est prépondérante ; la nitrification est un phénomène secondaire. Dans la terre, au contraire, la nitrification est prédominante de beaucoup et l'action, sur les composés azotés, des vulgaires organismes de destruction de la matière organique est extrêmement réduite. La terre constitue donc un milieu nitrificateur incomparablement supérieur aux lits bactériens artificiels et l'allure générale du phénomène est tout autre

CHAPITRE XV

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DES HABITATIONS ISOLÉES

La station expérimentale de Iowa State College (U. S. A.) poursuit depuis 1904 son enquête sur le fonctionnement des petites installations d'épuration d'eaux résiduaires des habitations isolées, dont les résultats ont été publiés par MM. A. Marston et F.-M. Okey [1]. L'épuration est dans ce cas particulièrement difficile, car les données fournies par les grandes installations ne sont pas applicables. Il y a pour cela de nombreuses raisons : le débit des eaux résiduaires d'une maison isolée est sujet à de très grandes variations; la fosse est très petite et son contenu plus facilement troublé par l'apport de nouvelles eaux que dans les grandes installations; l'eau elle-même est beaucoup moins corrompue que dans celle des égouts de villes. Il est presque impossible que ces petites installations fonctionnent normalement et, ce qui est différent des installations municipales, on doit les construire si près des maisons qu'il est absolument nécessaire de les rendre inoffensives à tous égards. Les auteurs recommandent la disposition suivante : une fosse dont le trop plein coule sur un filtre à deux étages, le lit supérieur formé d'une couche de 10 centimètres de sable de laquelle les eaux s'égouttent sur un lit de gravier de $0^{m},90$ d'èpaisseur. L'effluent passe alors dans un bassin d'où il est évacué à la rivière la plus proche. Le tout est réuni en sous-sol dans une excavation de $5^{m},60$ de diamètre avec un ventilateur en bois s'élevant à $1^{m},50$ au-

(1) *Eng. Rec.*, 25 février 1911, p. 207.

dessus du niveau du sol. Le prix des matériaux est estimé à environ 500 francs et dans une ferme, la construction peut être faite par les moyens dont on dispose. Une telle installation n'a pas encore été essayée, mais les détails ont été expérimentés, et les auteurs croient qu'elle donnerait de meilleurs résultats que tout autre arrangement. Il n'y a aucun appareil mécanique, ni siphon, l'arrivée de l'eau ne causera pas de trouble dans les filtres et l'effluent ne sera pas sujet à une putréfaction offensive, quoiqu'il ne puisse pas être aussi bien épuré que celui des grandes installations filtrantes des villes.

Limitation des fosses septiques pour les maisons particulières[1]. — Pendant ces dix dernières années on a installé aux États-Unis des fosses septiques avec irrigation de l'effluent à la surface ou sous la surface du sol. Ce système a été préconisé par quelques hygiénistes, car on peut ainsi traiter sans nuisance les eaux usées et employer de grandes quantités d'eau pour les bains et la toilette dans des maisons qui ne sont pas reliées à un égout de ville.

Il arrive cependant quelques difficultés, non prévues par les locataires. Lorsqu'en hiver, par exemple, la vanne cesse de fonctionner, les eaux s'écoulent par le trop plein sur le sol et dans le cellier. Il s'ensuit des nuisances et même des dangers pour la santé, d'autant que les réparations sont difficiles à faire en cette saison. Par les froids exceptionnels la fosse peut être gelée et le même désagrément survient; les drains posés dans la terre peuvent être aussi gelés et on ne s'en aperçoit que lorsque le liquide jaillit à certains endroits. Il peut survenir un pire ennui, c'est lorsque le sol n'est pas approprié à l'irrigation : la saturation arrive rapidement et il s'en suit des émanations dangereuses et insalubres.

Un autre danger moins visible peut exister, c'est celui de contaminer les eaux des puits voisins.

L'auteur n'envisage pas l'emploi des fosses septiques dans les communes rurales où, par suite des grandes surfaces de terrain qui entourent l'habitation, ce système est particulièrement indiqué. Cependant dans ces conditions il estime

[1] D'après Ch. A. Hodgetts. *San. Rec.*, 3 novembre 1910, p. 447.

que l'installation ne doit pas être laissée aux particuliers, mais que la construction doit être dirigée par une personne compétente.

Il n'en est plus de même dans les communes agglomérées et dans les petites villes. Chaque fosse septique ou fixe qu'on construit, dit Hodgetts, est un clou dans le cercueil du système d'égouts et un vote contre tout arrêté municipal qui pourrait être pris dans ce but.

Il est injustifiable qu'un Conseil supérieur d'Hygiène sanctionne l'introduction générale de fosses septiques avec irrigation sous la surface du sol dans une commune agglomérée ou une ville, car pour des raisons sanitaires ce système doit être condamné. L'individu ne voit naturellement que son intérêt personnel dans le traitement de ses eaux usées, et s'il ne s'ensuit aucun danger pour lui et sa famille et qu'aucune mauvaise odeur ne se dégage dans son habitation, il s'inquiète peu du préjudice qu'il peut causer aux autres habitants. Si l'homme veille à sa propre conservation, les autorités sanitaires doivent protéger la vie des autres hommes; ainsi l'habitant des parties plus élevées évacuera ses eaux sur les terres basses qui le plus souvent ne lui appartiennent pas, sans se soucier de ce qu'il en adviendra.

L'exiguïté de la surface de terre irrigable, l'inaptitude du sol à l'épuration et la proximité des puits où on s'alimente en eau potable sont les raisons qui doivent faire interdire l'établissement des fosses septiques dans les propriétés particulières dans les villes et villages agglomérés.

Le but de l'auteur a été non de faire rejeter partout un système qui, dans certains cas particuliers, peut donner de bons résultats, mais d'appeler l'attention des autorités sanitaires sur ce fait que son emploi doit être limité. Pour les fermes ou habitations isolées à la campagne on peut opérer ainsi lorsqu'on dispose de surfaces de terrains assez considérables, que le sol est épurant et que les eaux de la nappe souterraine ne peuvent pas être contaminées. Dans les villes, au contraire, on doit l'interdire formellement et tous les efforts doivent tendre à l'établissement d'un système d'égouts général.

Épuration des eaux d'égout dans les petits districts ([1]). — Le *Sanitary Record* signale un rapport de M. Barralet, Surveyor to the Godstone Rural District Council, contenant un certain nombre d'observations sur les petites installations d'épuration d'eaux d'égout.

Dans ses conclusions, M. Barralet déclare que les installations comprenant un bassin de décantation ou une fosse septique avec un lit de simple contact donnent de mauvais résultats d'épuration. Ceci confirme ce qui avait été exprimé par la Royal Commission on Sewage Disposal. Pendant un certain temps, une telle installation produira un effluent satisfaisant, jusqu'à ce que les bassins soient remplis de boues et le lit de contact colmaté ; il faudra la plus grande attention pour prévenir ces inconvénients.

Une faute commune aux installations d'épuration d'eaux d'égout est la négligence à préparer quelque dispositif pour draguer facilement les boues des bassins, et à établir les drains, au-dessous des lits ou des filtres, assez grands pour que l'humus puisse s'en échapper.

Le meilleur succès a été obtenu avec les lits bactériens à percolation. M. Barralet pense qu'on ne peut obtenir de bons résultats d'épuration en aucune manière avec les lits de simple contact. Si on préfère par économie de construction, les lits de contact, le double contact est essentiel.

Épuration des eaux usées de l'hôpital de tuberculeux de l'état d'Ohio ([2]). — En 1909, on construisit près de Mt. Vernon (Ohio) un hôpital d'État pour environ 200 tuberculeux, avec un personnel de 50 habitants; la population n'excédera pas, d'ici 10 ans, 500 personnes. On doit évacuer un assez grand volume d'eaux usées qui, par leur caractère infectieux, nécessitent un traitement tout spécial. Le seul point d'évacuation est un petit ruisseau qui coule au milieu de sources dans la propriété. Le débit normal est de 9000 à 13 500 mètres cubes, dont 900 mètres cubes sont utilisés par l'établissement; par temps sec pendant les mois d'été, le ruisseau est presque à sec. De plus, cette eau sert de boisson pour le bétail, après la

([1]) *San. Rec.*, 13 juillet 1911, p. 29.
([2]) D'après Paul Hanser, *Engineering Record*, 18 février 1911, p. 194.

sortie de l'hôpital. Il était donc indispensable d'obtenir l'élimination et la minéralisation de la matière organique aussi complètement que possible, et de stériliser l'effluent.

Pour une population de 300 habitants au maximum, on a prévu largement 300 litres par habitant, soit 90 mètres cubes par jour.

L'installation d'épuration comprend : une chambre à grilles, 2 bassins de sédimentation, 1 bassin mesureur, 4 filtres à sable intermittents, 1 lit à boues, 1 dispositif de distribution d'hypochlorite comme désinfectant, et 1 bassin à réaction chimique.

La partie la plus intéressante est la stérilisation de l'effluent. La solution est mélangée dans deux bassins en bois de 1m,20 de diamètre et 2m,40 de hauteur avec une boîte de dissolution au sommet. Ces boîtes, ont sur le côté, un certain nombre d'ouvertures à différentes hauteurs, bouchées avec des chevilles de façon que la solution puisse être séparée des matières en suspension avant d'être admise dans les bassins. La solution passe dans une boîte régulatrice dont l'ouverture d'entrée est réglée par une vanne à flotteur pour assurer un niveau constant du liquide. La sortie consiste en un orifice ajustable en bronze placé à un bout de la boîte et facilement visible et accessible.

La solution s'écoule par un tuyau dans un bassin circulaire au milieu de la construction où tous les effluents se réunissent. L'eau traitée passe dans une chambre à réaction de 12 mètres cubes de capacité, ce qui assure 2,7 heures de retenue.

La quantité moyenne de désinfectant est d'environ 6 parties par million sur la base de 33 pour 100 de chlore actif, soit 1585 grammes d'hypochlorite par jour.

Les analyses bactériologiques montrent que les effluents des filtres contenaient de 4200 à 50000 germes par centimètre cube; après stérilisation, on n'en retrouvait plus que de 9 à 500 par centimètre cube. Dans la plupart des échantillons, on ne décela pas de bactérium coli dans 50 centimètres cubes, bien que, pendant la période des analyses, la quantité de chlore actif ne fût que de 4 milligrammes par litre.

Épuration des eaux usées de l'asile d'aliénés de Danville (U. S. A.) [1]. — L'asile d'aliénés de Danville Pa., ayant une population d'environ 1500 personnes, est situé sur le bord est de la branche nord de la rivière Susquehanna, dans laquelle on puise l'eau d'alimentation de la ville. On y a récemment installé des égouts du système séparatif avec épuration des eaux usées. Les eaux, dont le volume est d'environ 1600 mètres cubes [2] par jour, se composent principalement des eaux de cuisine, de buanderie, de lavage, et des cabinets des différents bâtiments. En addition des constructions de l'asile proprement dit, des logements du personnel et des nurses, on a drainé aussi les eaux provenant des bâtiments de la ferme, des écuries et des étables. La canalisation fut faite en poterie et 5 bassins de chasse furent construits aux endroits où le volume des eaux écoulées était faible. Les eaux s'écoulent par gravitation dans un bassin collecteur d'où elles sont pompées à la station d'épuration.

La station comprend des bassins de première décantation, 1 lit à boues, 1 filtre à percolation, et des bassins de seconde décantation. On avait pensé d'abord à filtrer sur sable l'effluent des seconds bassins de décantation, mais on doit aménager un dispositif de stérilisation.

Les bassins de décantation primaires sont au nombre de 5; ils doivent retenir les eaux pendant une période maxima de 12 heures. Les eaux traversent d'abord une chambre de 4^{m},80 de long et 90 centimètres de large dans laquelle se trouvent des grilles mobiles à barreaux espacés de 18 millimètres. Elles entrent alors par déversoir dans les trois compartiments du bassin, ayant chacun 19^{m},5 de long, 4^{m},5 de largeur au fond et 5^{m},10 à la surface, la profondeur maxima est de 3^{m},10. L'effluent du bassin sort par des déversoirs protégés par des lames plongeantes, puis se rend par un étroit canal dans le bassin mesureur. Dans le fond de chaque bassin, se trouve un tuyau de 250 millimètres pour évacuer les dépôts sur le lit à boues.

(1) *Eng. Rec.*, 14 janv. 1910, p. 74.
(2) 350 000 gal. par 24 heures. Si on ne comptait que les 1500 personnes, on userait donc plus de un mètre cube d'eau par personne, en tout cas le sewage doit être très dilué.

Le lit à boues est entouré de 4 talus et mesure 6 mètres sur 10^{m},20 au fond, où ont été tracées des séries de rigoles dans lesquelles sont placés des drains. Ces drains sont couverts d'une couche de cailloux de 18 à 100 millimètres, sur lesquels se trouve une couche de sable de 60 centimètres d'épaisseur. Les eaux de drainage de ce lit se rendent par gravitation au filtre à percolation. Ce lit est rempli une fois par semaine ; la boue séchée est enlevée et déposée sur les champs environnants.

Le bassin mesureur contient un siphon automatique, capable de déverser 4^{m3},54 d'eau en une minute, et d'un diamètre de 30 centimètres. Ce siphon alimente le lit par intermittence, et ne comporte aucune partie mobile, l'action étant gouvernée entièrement par la pression hydraulique (système Miller).

Le filtre à percolation est un lit de pierres cassées de 2 mètres environ de profondeur et de 970 mètres carrés de surface avec fond de béton de 15 centimètres d'épaisseur et murs en pierres sèches. Le contenu du bassin mesureur est déversé par le siphon dans un tuyau de 45 centimètres courant le long d'un des côtés du lit, sur lequel sont branchés perpendiculairement des tuyaux de 20 centimètres, écartés de centre en centre de 3^{m},60 les uns des autres. Ces tuyaux sont munis de becs pulvérisateurs couvrant une surface circulaire de 4^{m},20 de diamètre. Les 54 becs sont protégés du vent par des écrans en bois placés aux extrémités de chaque conduite de distribution.

Le drainage est opéré par des tuiles de 25 centimètres, fendues, disposées en diagonale, couvrant entièrement le fond du lit.

L'effluent du filtre coule dans deux bassins secondaires de décantation ayant chacun 1^{m},20 de profondeur et 50 mètres carrés environ de surface. Les eaux en sortent par déversoir et s'écoulent dans un ruisseau.

Système Braun (1). — Ce système d'épuration, représenté par la figure 16, comprend d'abord une première fosse septique

(1) *Gesundheits Ingenieur*, 34e année, 1911, n° 4, p. 67.

qui recueille les eaux résiduaires évacuées dans les vingt-quatre heures. On compte en moyenne 120 litres par habitant. Une seconde fosse septique, dont les dimensions sont en rapport avec celles de la précédente, est reliée à cette fosse par un tuyau en fonte qui sert de trop plein et qui est placé à une certaine profondeur, au-dessous du niveau de l'eau de la première fosse. Les eaux qui arrivent par ce tuyau s'écoulent par une gouttière qui les distribue par égouttage dans la seconde

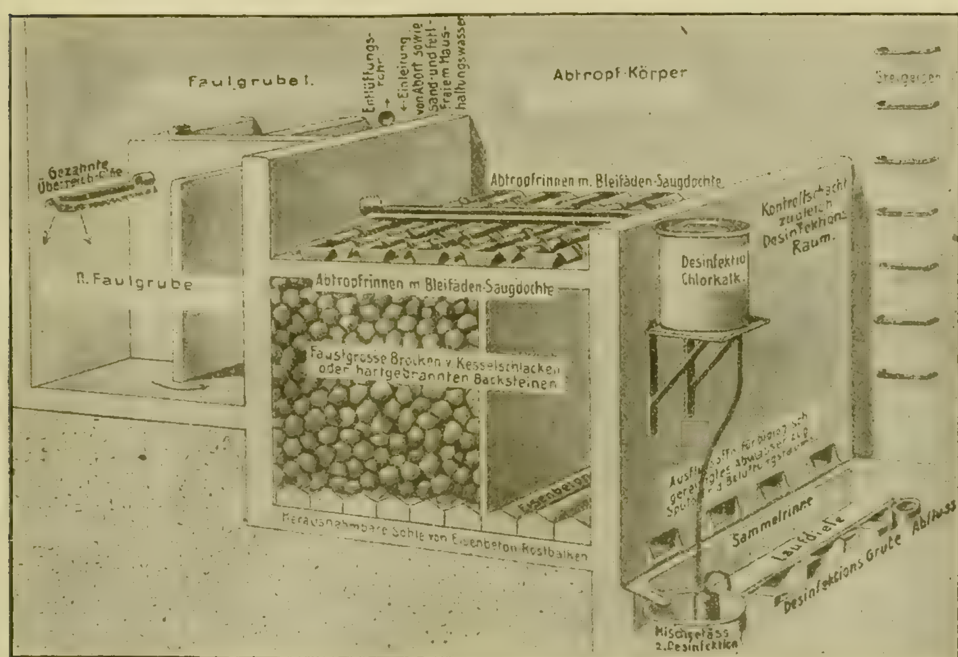


Fig. 16. — Épuration et désinfection des eaux résiduaires, système Braun.

fosse. Le niveau de l'eau s'y trouve à 20 centimètres au-dessous de cette gouttière, et l'eau en tombant se trouve ainsi bien aérée. Le lit bactérien percolateur a ordinairement $1^m,50$ de profondeur, mais cette profondeur peut être portée à $2^m,50$ si l'épuration des eaux l'exige ; il est constitué par des morceaux de scories de la grosseur du poing, sans petits morceaux et sans sable ; les morceaux sont simplement un peu plus fins à la surface qu'au fond. La surface du lit est variable et dépend à la fois du volume d'eau à traiter par jour, des circonstances locales et de la nature des eaux à épurer. Dans les grandes installations, le lit bactérien est séparé en

deux parties par une paroi verticale afin de permettre le renouvellement éventuel du lit sans en interrompre le fonctionnement.

La répartition de l'eau sur le lit se fait de la façon suivante : l'eau s'écoule de la seconde fosse septique par un tuyau situé à une certaine distance au-dessous du niveau de l'eau; ce tuyau alimente une gouttière principale qui dessert elle-même toute une série de gouttières perpendiculaires à la précédente, situées à un écartement maximum de 50 centimètres et réparties régulièrement sur toute la surface du lit. Ces gouttières, dont la construction est brevetée, ont des deux côtés une paroi surélevée qui porte des fentes tous les 15 centimètres, et dans lesquelles on place des mèches résistantes, en fils de plomb. Ces mèches agissent par capillarité, et répartissent régulièrement l'eau goutte à goutte à la surface du lit. Pour faciliter l'aération du lit bactérien, celui-ci est disposé sur des semelles de béton armé qui portent des orifices de 20 centimètres de largeur sur toute leur surface. Sous ces semelles se trouve une chambre d'aération où se réunit l'eau épurée; le fond de cette chambre est en pente de 2 centimètres par mètre, et l'eau épurée est ainsi évacuée au dehors. Elle s'écoule par une gouttière dans le bassin de contrôle, puis dans le canal d'évacuation.

Pour la ventilation de l'installation, on dispose un tuyau d'évacuation sur le toit et on fait aboutir ce tuyau autant que possible dans une cheminée de chauffage.

Cette méthode est employée depuis plusieurs années en Allemagne, surtout en Wurtemberg, aussi bien pour les installations importantes que pour les installations d'épuration des eaux résiduaires des casernes, des hôpitaux, etc. Les résultats en sont satisfaisants.

Quand la désinfection de l'eau épurée est nécessaire, elle se fait très aisément au chlorure de chaux, à 1 kilogramme pour 50 kilogrammes d'eau. Le bassin de contrôle renferme exactement 100 litres; dès qu'il est rempli par l'eau épurée, il se vide automatiquement par un siphon dans lequel arrivent juste au même moment environ 250 centimètres de la solution de chlorure de chaux. Le mélange de l'eau et de l'antiseptique se fait ainsi parfaitement dans le siphon. Dès que le bassin de

100 litres est vide, l'écoulement de l'eau et du chlorure de chaux se trouve arrêté.

La proportion de chlorure de chaux ajoutée (250 centimètres à 1/50 par 100 litres) représente 1 : 20000, soit 1 kilogramme de chlorure de chaux par 20 mètres cubes d'eau. Les eaux qui ont reçu l'addition d'antiseptique se réunissent dans une fosse susceptible de contenir l'effluent qui s'écoule pendant deux heures, afin d'assurer un contact assez prolongé pour que la désinfection soit efficace.

CHAPITRE XVI

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES DE PEIGNAGES DE LAINES (1)

La laine, pour être peignée, cardée, puis blanchie ou teinte, doit être débarrassée de toutes les matières étrangères qui l'entourent. Ces matières sont composées de corps éliminés avec la transpiration du mouton, d'excréments et de terres.

A. Buisine a montré que les matières éliminées par la peau du mouton comprennent des composés, les uns solubles, les autres insolubles dans l'eau. En traitant la laine brute avec de l'eau distillée, on dissout les sels de potasse, les composés insolubles se dissolvent dans les alcalis. Il a trouvé les composés suivants : acide carbonique libre, carbonate d'ammoniaque provenant de la décomposition de l'urée, carbonate de potasse, acides gras volatils, acides gras plus complexes, graisses émulsionnées, phénols, acides lactique, benzoïque, oxalique, succinique, urique, acides amidés, matières colorantes. En solution aqueuse on retrouve les constituants de l'urine, ou leurs produits de décomposition.

Le suint d'une laine d'Australie contenait pour 100 de résidu sec : 7,1 d'acide acétique, 4 d'acide propionique, 2,6 d'acide benzoïque, 2,5 d'acide lactique et 1 d'acide caproïque.

(1) Traités généraux :

A. Buisine, *Recherches sur la composition chimique du suint des moutons*, Lille, Danel, 1887.

De la Coux, *L'eau dans l'industrie*, Paris, Dunod, 1900.

W. Naylor, *Trades wastes : Its treatment and utilisation*, London, Griffin, 1902.

Theodor Koller, *The utilisation of waste products*, London, Scott, Greenwood et Co, 1902.

P. Cogney, *Mémoire manuscrit présenté à la Société industrielle du Nord de la France*, 1907.

A. Schiele, *Abwasserbeseitigung von Gewerben und Gewerbereichen Staetten*, Berlin, Hirschwald, 1910.

Chevreul le premier a donné une analyse de la laine brute :

Matières terreuses	26,06 %
Suint soluble dans l'eau distillée froide	32,74 %
Graisses neutres solubles dans l'éther	8,57 %
Matières terreuses adhérant à la graisse	1,40 %
Fibres de laine	32,25 %

Marcker et Schulze ont donné les analyses suivantes :

	LAINE DE MOUTON		
	de Loweland	de Rambouillet	Pitchy
Humidité	23,48 %	12,28 %	13,28 %
Graisse	7,7 %	14,66 %	34,19 %
Matières solubles dans l'eau	21,13 %	21,83 %	9,76 %
— solubles dans l'alcool	0,35 %	0,55 %	0,89 %
— solubles dans HCl dilué	1,45 %	5,64 %	1,39 %
— solubles dans éther alcool	0,29 %	0,57 %	»
Fibre de laine pure	43,20 %	20,80 %	32,11 %
Poussières	2,93 %	23,64 %	8,38 %

On donne généralement à la laine une composition moyenne plus simplifiée.

Laine dégraissée	40,0 %
Potasse	4,5 %
Acides gras	14,0 %
Sables, terres, humidité	41,5 %

Lavage des laines. — Le lavage des laines a la plus grande importance, car, bien conduit, il permet de conserver au filament toute sa longueur, sa nervosité. On évite ainsi le cordelage et le feutrage qui amènent la brisure des filaments pendant le cardage, et par suite on diminue la proportion de déchets à la peigneuse.

Autrefois le *lavage à la main* s'opérait en plaçant les laines dans une sorte de grand panier à base rectangulaire évasé à la partie supérieure, et dont le fond et les parois latérales étaient construits en tôle perforée ou à claire-voie.

Ce panier était suspendu dans un courant d'eau, une rivière, et un ouvrier était chargé de remuer la laine constamment avec un bâton. Un ouvrier pouvait ainsi laver 60 à 80 kilogrammes de laine par jour.

Vers 1840 quelques industriels employaient une chute d'eau artificielle, sous la forme d'un jet venant d'une hauteur d'environ 4 mètres sur la laine placée dans une caisse. Ce jet faisait tourbillonner la laine et la présence de l'ouvrier n'était plus nécessaire. Dans ce but d'éviter la main-d'œuvre on inventa les rateaux mécaniques pour remuer la laine, puis la machine Pion d'Elbœuf (1842-1845), la machine Armingand de Saint-Pons, Hérault (1842), la laveuse Blaquière frères et Ralp de Montpellier (1841), la laveuse Lieutenant et Peltzer (1855), la laveuse Ortmans-Hautzer (1856-1860), la laveuse Chaudet (1858), la laveuse Desplas d'Elbœuf (1858), la laveuse Legris (1856-1862), la laveuse Plantron (1860). Puis les laveuses à bacs droits et allongés.

Les laveuses à aspersion furent toutes différentes, le battement de la laine se fait par aspersion d'eau savonneuse; la laine est transportée soit sur des tabliers, soit sur des rouleaux, dans son état primitif en toison. On évite ainsi le cordelage, mais le lavage est insuffisant.

Dans les laveuses à bac supérieur, on supprime les fourches du bac laveur et on sépare le bac dans lequel se trouve la matière à traiter du bac principal où peut s'opérer la décantation de l'eau savonneuse qui a servi.

On a aussi inventé des laveuses à grande circulation d'eau, dans lesquelles l'eau agit seule pour opérer le dégraissage sans le secours de fourches pour remuer la masse. On évite ainsi le cordelage en partie, mais le rendement des appareils est insuffisant.

Viennent ensuite les laveuses continues encore employées actuellement (Holden, Prouvost, Deltombe, Société Alsacienne, Dubrule), qui permettent de dégraisser la laine en la faisant passer dans des bains d'eau savonneuse de plus en plus propres et d'une façon continue. Ces appareils sont pratiques et donnent une production suffisante de laine lavée régulièrement.

Le type le plus perfectionné de nos jours est la laveuse à bacs décanteurs qui opère un bon dégraissage sans cordelage de la laine : il est surtout appliqué aux laines fines. Mac Mangh (1902-1903) et Dubrule (1905).

Le système Baudot (1903) est basé sur la décomposition

chimique de la graisse du suint de laine par l'électrolyse sous l'action d'un courant électrique de 12 volts. La machine se compose de quatre bacs : les deux premiers électrolytiques dans lesquels s'opère la saponification ; les deux autres sont des bacs de laveuses ordinaires où on effectue le rinçage de la laine ; le suint de laine recueilli dans les deux premiers bacs sert à faire de la potasse, et la graisse de suint à l'état de mousse est recueillie pour en retirer la suintine. La laine est étalée sur un tablier qui entre dans le premier bac contenant de l'eau alcalinisée par la potasse, et après avoir été traversée par le courant électrique, elle en sort pour être pressée et soumise alors à l'action du courant électrique du second bac. L'eau d'essorage tombe dans le deuxième bac où une pompe à air produit des mousses qui s'échappent par une rigole. L'eau du premier bac est envoyée à la potasserie lorsqu'elle est suffisamment chargée de suint.

Dans le système Vinchon, Violette et Dein (1880) les opérations sont faites en vase clos dans des appareils disposés en batteries. On désuinte d'abord les laines par un courant d'eau allant de bas en haut, l'eau sortant du dernier appareil est évaporée et on en extrait la potasse. On dégraisse ensuite les laines par traitement par le sulfure de carbone, qu'on chasse ensuite par un courant de vapeur. Par distillation le sulfure de carbone abandonne la suintine. Puis, si cela est nécessaire, on lave la laine à l'eau tiède, pour lui enlever la terre et le sable et on la passe dans un bain léger de savon avant de procéder à l'ensimage. On peut remplacer le sulfure de carbone par tout autre dissolvant des corps gras. Ce procédé permet entre autres avantages de recueillir toute la suintine extraite de la laine, qui ne peut être retirée économiquement des eaux de lavage des autres procédés. Il évite la production d'eaux grasses si difficiles à épurer. Le sulfure de carbone en se décomposant partiellement à la distillation colore la laine et lui donne un aspect terne : aussi a-t-on conseillé de le remplacer par le chlorure de méthyle.

Patry, Édouard et Georges Aîné ont proposé de faire agir sur la laine le toluène, puis d'opérer le désuintage par la vapeur et l'eau.

Turney a aussi inventé un appareil pour dégraisser la

laine par le sulfure de carbone ou la benzine. Ce dernier dissolvant a l'inconvénient de creuser trop et de dénaturer la fibre.

Eaux résiduaires. — La diversité de provenance des laines et des méthodes de lavage ne permet pas d'envisager la composition des eaux résiduaires comme ayant une fixité relative : c'est au contraire la variation qui est de règle et qui est très grande, comme on le remarquera dans les exemples que nous rapporterons à propos des résultats obtenus dans certaines usines.

Quoi qu'il en soit, ces eaux sont toujours plus considérablement polluées que les eaux d'égout des villes. Ce qui rend encore plus grave leur rejet dans les cours d'eau, c'est que les matières grasses qu'elles renferment se décomposent avec une extrême lenteur, si bien que les eaux sont entraînées à une très grande distance de leur point d'origine sans subir d'auto-épuration sensible, ce qui les différencie nettement des eaux d'égout des villes. Le mal que causent ces déversements est d'autant plus grand, que, pour différentes raisons, que nous n'avons pas à étudier ici, l'industrie lainière s'est concentrée généralement en certaines villes, et il s'en est suivi que les eaux d'égout de ces villes reçoivent des volumes considérables de ces eaux résiduaires qu'elles ne savent comment traiter pour satisfaire les populations échelonnées en aval des rivières qui les reçoivent.

L'ingéniosité des inventeurs s'est pourtant exercée à résoudre ce problème et les solutions proposées ont été nombreuses, comme nous le verrons plus loin.

Dans l'application, on a pu arriver à des résultats assez satisfaisants pour la prévention de la contamination des rivières, mais au point de vue industriel il n'en est pas de même. Bien que l'on puisse retirer de ces eaux des produits marchands, le prix de la vente ne compense généralement qu'en partie les dépenses nécessitées pour les obtenir; aussi les industriels ne cherchent qu'à éloigner cette éventualité. C'est ce que nous avons constaté par expérience.

A la demande du Comité d'Études scientifiques du ministère de l'Agriculture, nous avons ouvert une enquête auprès

des laveurs et des peigneurs de laines de France que nous avons prié de répondre au questionnaire suivant :

Ville de

Usine de M :

1° Quel est le poids maximum de laine lavée dans l'usine en 24 heures?

2° Quel est le volume maximum d'eaux résiduaires à évacuer en 24 heures?

3° Quels sont les procédés de lavage employés? Quels composés chimiques et à quelle dose?

4° Les eaux résiduaires sont-elles traitées pour en récupérer les produits utiles et par quels procédés?

5° Les eaux résiduaires sont-elles épurées avant leur rejet dans les cours d'eau et par quels procédés?

6° Si les eaux ne sont pas épurées ou traitées actuellement, quels procédés semblent les plus pratiques ou rémunérateurs? Quelles sont les conditions que doivent remplir les procédés pour que leur emploi puisse se généraliser?

7° Où sont évacuées les eaux résiduaires? Causent-elles des dommages dans les cours d'eau; y a-t-il eu des plaintes?

Sur 172 destinataires, nous n'avons reçu que 12 réponses. Parmi celles-ci 6 industriels nous informaient que leurs usines avaient été transformées en filatures, 2 déclaraient ne faire subir aucun traitement aux eaux résiduaires, 3 en retiraient les graisses, un seul enfin nous disait avoir pratiqué l'épuration, mais il faut ajouter que son usine est fermée depuis vingt ans.

Le résultat de cette enquête montre que les industriels se soucient peu des inconvénients que cause le déversement de leurs eaux résiduaires dans les rivières. La tolérance dont ils ont joui jusqu'à présent leur paraît devenir un droit. Du reste, deux des plus importants industriels de la région du Nord nous ont déclaré dans leurs réponses que les procédés d'épuration des eaux résiduaires après extraction des graisses seraient onéreux, et les produits récupérés peu rémunérateurs. Sur les 172 usines, petites ou grandes, actuellement en travail, non seulement il n'y a d'épuration dans aucune, mais encore nous n'en connaissons que six dans lesquelles on s'efforce de retirer les matières grasses, composés qui, par leur propor-

tion et leur valeur, méritent pourtant de ne pas être perdus pour l'industrie.

Pour la potasse, elle ne peut être récupérée que dans les usines importantes, qui en produisent des quantités considérables ; ainsi une grande usine de Roubaix en a obtenu 1250 tonnes en 1909. Pour cela les eaux de désuintage, seules traitées, sont évaporées et le résidu calciné dans des fours analogues aux fours Porion employés pour le traitement des vinasses de distilleries de mélasses.

Les eaux résiduaires que nous avons à examiner sont donc, pour les petites et moyennes usines, toutes les eaux usées ; pour les grandes usines toutes les eaux de lavage à l'exclusion des eaux de désuintage.

Nous avons divisé les différents procédés de traitement des eaux résiduaires de peignages de laines, que nous allons passer en revue, en plusieurs catégories :

1° Traitement mécanique ;
2° Traitement par les acides ;
3° Traitement par les alcalis ;
4° Traitement par les sels ;
5° Traitement par évaporation.

Nous avons aussi résumé un travail allemand important sur les procédés employés en Angleterre, puis les expériences de Grimonpont et celles de Verviers.

Traitement mécanique.

Procédé par battage. Richard Lagnie. — Le procédé par battage est un procédé mécanique ne nécessitant pas l'addition aux eaux résiduaires brutes d'un acide ou d'un autre produit chimique. Les eaux sont séparées d'abord des sables et des matières terreuses dans un bassin de décantation. Elles sont pompées ensuite dans un bassin en bois étroit et très long, environ 45 mètres de long et 2 mètres de large, divisé en 22 compartiments. Chaque compartiment est lui-même divisé en deux parties, la plus petite d'environ $0^{m},70$ de long sur la largeur du bassin contient l'agitateur ou batterie, la plus grande environ 1 mètre de long est parcourue par une raclette qui rejette les mousses dans deux caniveaux qui courent de

chaque côté du bassin. Par le battage il se produit des mousses qui entraînent les graisses insolubles contenues dans l'eau. Le courant de l'eau est réglé par une vanne à glissière, fixée transversalement dans chaque compartiment. Les eaux sont ainsi battues par les 22 appareils, mais on peut en réduire le nombre en diminuant la vitesse d'écoulement de l'eau. Chaque batteur a environ 0m,60 de diamètre et 1m,80 de large, il est en bois sauf les axes et les dents qui sont en fer. Ces dents ont 0m,15 de long, 4mm,7 d'épaisseur et sont écartées de 0m,018; chaque batteur fait 80 tours par minute.

Les écumes sont pompées dans des bassins en bois où elles sont chauffées à 60° et additionnées de 1 kgr. d'acide sulfurique par mètre cube, pour séparer les graisses dont l'eau contient environ 5 pour 100. Les eaux acides sont mélangées aux eaux qui doivent subir le battage. Le magma est passé au filtre-presse. La graisse qui s'en découle est partiellement purifiée par l'addition d'une petite quantité d'acide (1 kilogramme d'acide par 100 kilogrammes de graisse). Les tourteaux sont vendus comme engrais.

On obtient ainsi trois qualités de graisse, les premiers compartiments fournissant la meilleure qui est couleur brun clair; la moins bonne étant brun noir provient des derniers compartiments.

Nous avons analysé les eaux résiduaires d'une usine employant le procédé par battage et nous avons obtenu les résultats suivants :

	EAU BRUTE	EAU DÉCANTÉE avant battage	après battage	EAU APRÈS TRAITEMENT DES MOUSSES
Extrait à 110°	12gr,760	7gr,730	5gr,230	3gr,840
Résidu fixe au rouge	5gr,950	2gr,390	2gr,180	2gr,420
Perte au rouge	6gr,810	5gr,340	3gr,050	1gr,420
Ammoniaque	0gr,064	0gr,0315	0gr,0315	0gr,033
Azote organique en Az.	0gr,1115	0gr,081	0gr,056	0gr,053
Alcalinité en CO^3Ca	0gr,490	0gr,540	0gr,540	»
Acidité en SO^4H^2	»	»	»	0gr,147
Matières grasses	4gr,130	2gr,340	1gr,890	»
— — après traitement par l'acide	5gr,210	4gr,259	2gr,486	0gr,830

Dans cette usine on a préparé en 1909, 770 tonnes de suintine et 1000 tonnes de tourteaux.

Procédé de Mollins [1]. — Dans les eaux savonneuses contenant des acides gras émulsionnés, l'argile produit un précipité volumineux qui se dépose : 1 gramme d'argile bleue ou terre glaise, à 15-20 pour 100 d'eau, suffit pour le traitement de un litre d'eau. On est ainsi parvenu à éliminer 0 gr. 787 de matières organiques par litre. Les tourteaux ainsi obtenus peuvent être dégraissés par le sulfure de carbone ou brûlés pour en faire du gaz d'éclairage.

Par ce procédé on peut récupérer la majeure partie des corps gras qui ont échappé à la précipitation de l'eau résiduaire par l'acide chlorhydrique. Ce procédé nécessitant la mise en liberté des acides gras, s'ils n'y sont pas, les eaux doivent être additionnées au préalable d'acide chlorhydrique.

Traitement par les acides.

C'est le procédé le plus généralement employé. L'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique décomposent les savons et mettent en liberté les acides gras insolubles qui, par leur faible densité, viennent flotter à la surface des liquides, et on peut assez facilement les enlever soit par écumage, soit en laissant écouler d'abord le liquide sous-jacent et en ne retenant que le magma graisseux.

Les résultats économiques ne sont pas toujours très brillants, et si l'on s'en rapporte aux nombres donnés par Naylor : la graisse récupérée variant suivant les usines de 19,8 à 82,4 pour 100 laisserait une perte de 17,6 à 80,2 pour 100.

Si par une épuration bien conduite on peut retirer la plus grande partie des acides gras, l'épuration n'est pas par cela même obtenue. L'eau ainsi traitée est encore extrêmement polluée, et, ce qui est plus grave, elle est acide. Aussi est-on obligé souvent de la neutraliser par la chaux, comme nous le verrons plus loin, soit par ordre des pouvoirs publics, soit

(1) D'après De la Coux.

pour éviter la destruction trop rapide des canalisations d'évacuation.

Nous avons pu suivre, dans une usine de Roubaix, le travail

EN GRAMMES PAR LITRE	EAUX DE LAVAGE TRAITEMENT PAR L'ACIDE					
	AVANT			APRÈS		
	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
Extrait à 110°	25,010	17,380	20,120	16,400	5,605	10,455
Résidu fixe au rouge	6,680	5,960	5,220	6,890	2,165	4,485
Perte au rouge	18,330	12,350	14,900	9,510	3,445	5,970
Ammoniaque	0,217	0,115	0,170	0,205	0,096	0,155
Azote organique en Az	0,380	0,189	0,275	0,208	0,102	0,135
Alcalinité en CO^3Ca	2,400	2,010	2,125	»	»	»
Acidité en SO^4H^2	»	»	»	1,391	0,833	1,028
Matières grasses (par éther)	11,308	8,410	10,136	6,484	3,420	4.504

de récupération des graisses. Les eaux de lavage des laines grossièrement décantées des terres qu'elles entraînent, sont

EN GRAMMES PAR LITRE	EAUX DE LISSAGE TRAITEMENT PAR L'ACIDE					
	AVANT			APRÈS		
	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
Extrait à 110°	9,020	3,240	5,840	2,060	1,945	1,980
Résidu fixe au rouge	1,280	0,460	0,805	1.570	0,980	1,125
Perte au rouge	7,740	2,780	5,035	1,080	0,375	0,855
Ammoniaque	0,0085	0,0055	0,072	0,0085	0,0054	0,970
Azote organique en Az	0,154	0,0775	1,115	0,0235	0,0152	0,0215
Alcalinité en CO^3Ca	0,900	0,780	0,805	»	»	»
Acidité en SO^4H^2	»	»	»	0,255	0,153	0,210
Matières grasses (par éther)	3,460	3,060	3,150	0,580	0,305	0,415

additionnées d'une certaine quantité d'acide sulfurique, puis passées au filtre-presse qui retient les acides gras avec beau-

coup d'impuretés. Les eaux filtrées et les matières en suspension sont évacuées à l'égout. Les tourteaux des filtres sont pressés à chaud et les acides gras s'écoulent en grande partie.

Le tourteau est desséché, puis dégraissé par le sulfure de carbone; le résidu est vendu comme engrais.

Les eaux de lissage sont aussi traitées par l'acide chlorhydrique, mais à part, comme les eaux de lavage.

L'expérience a montré que la température à laquelle on traite les eaux par l'acide a une grande influence sur la qualité des graisses obtenues, dont le prix varie de 15 à 25 francs les 100 kilogs. Quant à l'épuration, qui évidemment n'est pas envisagée, on peut se rendre compte par nos analyses qu'elle est à peine commencée.

Tourteaux. — Des cultures expérimentales ont été entreprises, dans la halle de végétation de l'Institut Pasteur à Lille, sur les tourteaux provenant de l'épuration des eaux résiduaires du peignage précédent. Comme nous l'avons dit plus haut, ces tourteaux ont été au préalable débarrassés de la graisse qu'ils contenaient : ils sont alors utilisés comme engrais, soit seuls, soit en mélange avec d'autres engrais azotés.

Nous avons expérimenté sur 4 échantillons, de richesse variable de 3,5 à 6 pour 100 en azote. Les cultures expérimentales ont été faites en pots, par les méthodes de Wagner, sur les céréales, les betteraves et les pommes de terre. La chaleur excessive de l'été 1911 a fait échouer nos essais sur les céréales : toutes nos cultures, en pleine végétation, ont subi l'échaudage et n'ont pu donner de résultats précis. Nous comptons les reprendre l'an prochain. Les essais entrepris sur les betteraves et les pommes de terre ont pu être menés jusqu'à la récolte sans accident.

Les pommes de terre, semées à la fin d'avril, ont été récoltées en octobre. Nous avons procédé aux essais suivants; chaque série comprenait 4 pots semblables :

1re série : Témoin sans engrais.
2e — 1 gr. d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque.
3e — — boues n° 1 venant du peignage.
4e — — boues n° 2 —
5e — — boues n° 4 —
6e — — boues n° 6 —
7e — Engrais complet : 1 gr. d'azote sous la forme de sulfate d'ammoniaque, 1 gramme de potasse sous la forme de sulfate de potasse et 1 gramme d'acide phosphorique sous la forme de superphosphate.

Ces divers engrais ont été simplement incorporés à la terre avant les semailles. A la récolte, on a pesé les tubercules formés dans chaque pot et on a pris les moyennes des quatre essais de chaque série. Les résultats obtenus ont été les suivants :

	Poids des tubercules par pot.
Témoin sans engrais	207 grammes.
Boues n° 1	400 —
— n° 2	275 —
— n° 4	424 —
— n° 6	484 —
Sulfate d'ammoniaque seul	312 —
Engrais complet	400 —

La végétation des pots qui avaient reçu des boues a été sans cesse plus vigoureuse que celle des témoins. L'examen des chiffres qui précèdent montre que l'action fertilisante de ces boues est très considérable, puisque trois fois sur quatre elle dépasse l'action de la dose correspondante de sulfate d'ammoniaque et même celle de l'engrais complet. L'engrais le plus actif est le n° 6, le moins actif est le n° 2.

Les mêmes expériences ont été faites sur les betteraves et dans les mêmes conditions. Chaque série comprenait quatre pots et les chiffres ci-dessous correspondent au poids total des quatre betteraves de chaque série :

	Poids.
Témoin sans engrais	705 grammes.
Boues n° 1	977 —
— n° 2	853 —
— n° 4	819 —
— n° 6	769 —
Sulfate d'ammoniaque seul	1481 —

On voit que, dans ces expériences sur les betteraves, les

boues ont également exercé une action très efficace; cependant cette action est moins accusée que sur la pomme de terre, et toujours inférieure à celle que produit la dose correspondante de sulfate d'ammoniaque. L'engrais qui s'est montré le plus actif sur la betterave a été le n° 1, le moins actif a été le n° 6.

Nous comptons compléter ces recherches l'an prochain par l'étude de l'action de ces boues sur les céréales.

Procédé Delattre, 1892. — Les eaux traversent des bacs munis de chicanes pour augmenter le chemin à parcourir où elles déposent les sables et terres. Elles sont ensuite amenées dans un grand réservoir en maçonnerie, après avoir reçu un filet d'acide tombant en nappe sur toute la surface du conduit au moyen d'une lame de verre. L'eau doit être nettement acide pour que les matières grasses puissent se séparer, il doit en rester un léger excès à la sortie du réservoir. La composition de l'eau étant variable, il faut, pour obtenir toujours une acidité convenable, que ce réservoir ait une grande capacité : 500 mètres cubes.

Les eaux acidulées sont alors traitées par un lait de chaux, pour neutraliser l'excès d'acide, puis décantées dans un grand réservoir dont elles sortent limpides et de couleur légèrement ambrée.

D'après MM. Delattre, l'installation pour une usine traitant 20.000 kilogs de laine par jour, coûterait 45.000 francs.

Le coût de l'épuration augmente quand la production de l'usine diminue. Les dépenses de fonctionnement, y compris l'intérêt et l'amortissement s'élèveraient à 8000 francs environ par an.

Encouragés par les bons résultats qu'ils obtenaient à leur usine de peignage, de Dorignies, MM. Delattre continuèrent leurs essais, et proposèrent à certaines villes intéressées comme : Bradford, Verviers, Roubaix et Tourcoing, un procédé modifié contenant surtout une méthode nouvelle de traitement des boues qui méritait d'attirer l'attention.

Le réactif précipitant fut d'abord un mélange d'acide sulfurique et de sulfate ferrique, puis l'acide sulfurique seul. Les eaux traitées étaient décantées dans une série de bassins,

appelés *déposantes*, où elles abandonnaient les boues précipitées. Le dégraissage des boues humides s'opérait d'une manière méthodique et automatique dans des appareils composés essentiellement d'un long tube cylindrique légèrement incliné dans lequel on faisait circuler, d'une part la boue à dégraisser qui le parcourait de haut en bas, et, d'autre part, le dissolvant (benzine ou éther de pétrole) qui cheminait de bas en haut. La boue et le dissolvant étaient intimement mélangés dans le tube par l'action d'un malaxeur.

La boue dégraissée sortait à la partie inférieure du tube, et, après avoir été débarrassée de la benzine qui a pu être entraînée au moyen d'un chauffage à 100° environ, elle était pompée toute chaude dans des filtres-presses qui donnaient des tourteaux, contenant 25 à 30 pour 100 d'eau, directement utilisables comme engrais. Par distillation, la benzine était séparée des graisses et rentrait dans le travail.

Les essais entrepris à l'usine de Grimonpont, comme nous le rappellerons plus loin, ne donnèrent pas les résultats annoncés par les inventeurs, et de plus l'épuration des eaux était loin d'être suffisante ; aussi ce procédé fut-il abandonné.

M. Maclean Wilson donne la description d'une des meilleures installations anglaises d'extraction des graisses par le procédé à l'acide, et les résultats d'opérations bien conduites.

La capacité totale des quatre cuves de lavage est de 10 mètres cubes, ces cuves étant employées en série. On y traite différentes sortes de laines et en moyenne on produit par semaine environ 82 mètres cubes d'eaux savonneuses. Les laines sont encore lavées dans trois autres cuves dont on doit évacuer environ 7 mètres cubes par semaine.

Les eaux passent d'abord dans six bassins de décantation d'une capacité totale de $7^{m^3},500$ et d'une profondeur de $0^{m},50$ où elles abandonnent les sables et les terres. Elles passent ensuite dans un bassin d'attente de 50 mètres cubes de capacité, d'où elles sont pompées dans quatre cuves en bois ayant chacune une capacité de 30 mètres cubes. Lorsqu'elles sont refroidies, on ajoute 217 kilogrammes d'acide sulfurique par cuve pleine. Elles sont mélangées puis laissées au repos pendant 24 heures, ou plus, jusqu'à ce que la graisse surnage et

forme à la surface une couche jaune plus ou moins claire. On sépare l'eau du magma graisseux. Les eaux passent à travers des filtres composés de pierres cassées et de scories de 0m,75 de profondeur et de 8m,10 de long sur 3m,75 de large avec une couche de sciure de bois pour retenir les graisses, puis sur un filtre secondaire de même composition et de 6 mètres de large sur 7m,50 de long. L'effluent est évacué au ruisseau. Les premiers filtres sont colmatés environ au bout d'un mois, on remplace alors la couche de sciure de bois.

Le magma est déversé sur trois filtres, deux mesurant chacun 7m,20 sur 5m,10 et le troisième 10m,20 sur 5m,85, qui sont construits comme les autres filtres mais qui ont seulement 0m,50 de hauteur de matériaux, l'effluent des deux premiers seulement est envoyé avec les autres eaux sur les filtres indiqués plus haut. On laisse le magma quelques jours sur ces filtres pour enlever le plus d'eau possible, puis on le met en sacs et on le passe dans une presse à main chauffée par la vapeur. On traite ainsi quatre tonnes 1/2 par semaine. Le mélange d'huile exprimée et d'eau acide est séparé dans un petit bassin et l'eau est évacuée. L'huile est purifiée à la vapeur par l'acide sulfurique. Le liquide acide est mélangé aux eaux savonneuses avant leur traitement.

L'installation complète a coûté 13750 francs. On estime la vapeur nécessaire à 625 francs par an. La société qui exploite ce procédé paye à l'industriel 2000 francs par an; qui trouve ainsi un bel intérêt du capital engagé.

En traitant 11525 kilogs de laine brute (comprenant 48 pour 100 de laine et 52 pour 100 de graisses et de matières étrangères) avec environ 16 mètres cubes d'eau, on emploie de 226 à 272 kilogs de savon noir.

M. Maclean Wilson donne des analyses de ces eaux en juin 1908 :

On remarquera que l'effluent final est encore très impur; mais, dans le cas particulier, il est déversé dans un très grand volume d'eau, aussi l'effet n'est pas sensible dans la rivière en aval. Cela présente une très grande amélioration sur l'état antérieur, les eaux de la rivière étant alors troubles et recouvertes de matières grasses.

PAR LITRE	EAU BRUTE MÉLANGÉE	EFFLUENT DU BASSIN DE PRÉCIPITATION DES GRAISSES	EFFLUENT DU FILTRE A MAGMA	EFFLUENT FINAL
Extrait	26gr,274	15gr,415	14gr,100	15gr,142
Matières en suspension totales	15,194	0,129	0,116	0,074
Matières en suspension cendres	1,182	0,009	0,008	0,005
Azote ammoniacal	2,919	2,860	2,852	2,828
Azote organique	2,502	0,992	1,076	0,856
Alcalinité en Na^2CO^3	5,300	»	»	»
Acidité en SO^4H^2	»	0,529	0,686	0,588
Graisses après acidification	11,710	0,1044	0,0172	0,0544

Les diverses boues recueillies ont la composition centésimale suivante :

	BOUES DE 1re DÉCANTATION	BOUES DES FILTRES A EAU	BOUES DES FILTRES A MAGMA	TOURTEAUX DES PRESSES
Boues humides :				
Humidité	30,32	85,75	58,50	23,96
Matières volatiles au rouge	5,76	»	34,30	51,68
Matières fixes au rouge	63,92	»	7,20	24,36
Boues sèches :				
Matières volatiles au rouge	8,27	»	82,65	67,96
Matières fixes au rouge	91,73	»	17,35	32.04
Azote	0,30	»	1,47	2,46
Matières grasses	3,49	67,48	67,42	37,87

Tout récemment M. Maclean Wilson dans un rapport présenté en 1911 au West Riding Rivers Board cite les mauvais résultats obtenus dans deux usines pour l'extraction des graisses des eaux de lavage de laines. Les eaux sont reçues dans un premier bassin où elles abondonnent les sables et les matières terreuses. Elles sont alors pompées dans un réservoir où elles sont additionnées d'acide sulfurique : les graisses

se séparent. Les eaux acides traversent un second réservoir, puis sont filtrées sur des scories qui sont si rapidement couvertes de graisses, qu'on doit les nettoyer fréquemment. Dans une usine, 40 pour 100 des graisses s'échappaient avec les eaux; dans l'autre 17 pour 100 seulement, ce qui se traduit par une perte de 5000 francs pour l'une, et de 20 000 francs pour l'autre par année.

L'auteur attribue ces mauvais résultats à deux causes principales. L'acide sulfurique était ajouté en quantité insuffisante pour obtenir la séparation de la matière grasse, ou bien l'acide était versé dans une eau trop chaude, la séparation n'étant complète qu'à une température relativement basse. De plus, le mélange de l'acide et l'eau n'est pas réalisé d'une façon parfaite. Il serait peut-être économique (ce qui permettrait de supprimer les bassins de séparation), de filtrer les eaux acides comme cela se fait pour les autres eaux industrielles.

Toutefois, ce procédé ne peut donner un effluent qu'on puisse rejeter impunément dans une rivière, car il est acide et contient une grande quantité de matières organiques solubles qui, après saturation de l'acidité, fermentent.

Pour épurer ces eaux acides, il faut d'abord les traiter chimiquement. Les meilleurs réactifs sont la chaux et le sulfate ferrique. Comme indication, il a fallu pour l'eau de l'

	Usine A.		Usine B.
	—		—
Pour saturer l'acidité. .	0^{gr},850	par litre de chaux et	0,950
Pour précipiter.	1^{gr},970	—	1,870
—	3^{gr},580	par litre de sulfate ferrique	2,000

Ce traitement produit un précipité volumineux qui formait à l'usine A 24 pour 100 du volume total du liquide, à l'usine B 16 pour 100 du volume total du liquide; mais ces volumes seraient réduits de beaucoup si les graisses étaient extraites complètement avant la précipitation. Même dans ce cas, l'auteur estime à environ 250 kilogrammes les boues à 90 pour 100 d'eau produites par mètre cube. Il serait probablement économique de passer ces eaux au filtre-presse au lieu de les abandonner à la décantation.

On peut, par exemple avec un sel de fer, obtenir la précipi-

tation des matières organiques et des graisses ; ces dernières sont séparées ensuite en acidifiant les boues.

Même après précipitation et décantation parfaite, le liquide est encore fortement putrescible, et on a fait des expériences de son traitement sur les filtres biologiques. On obtient des effluents imputrescibles en déversant à intervalles réguliers de petites quantités d'eau pendant 8 heures par jour au taux de 187 litres par mètre cube de matériaux. Au bout d'un mois, les résultats étaient aussi satisfaisants, mais on constata un commencement de colmatage à la surface des lits.

Le prix de ce traitement est toutefois considérable.

Pour l'usine A il faut quatre bassins de 45 mètres cubes qui, construits en bois avec fondations, vannes, etc..., peuvent être évalués à 10 000 francs. Le lit bactérien à percolation d'une surface de 500 mètres carrés sur 1 m. 80 de profondeur coûterait de 12 000 à 15 000 francs. La seconde filtration ne sera pas nécessaire, mais on doit prévoir pour l'effluent un bassin de décantation d'une capacité de 18 mètres cubes, d'un prix peu élevé. Si on trouve pratique de filtrer les eaux précipitées pour en séparer les boues, il faut prévoir une installation de 11 250 francs. Soit, pour le tout, une dépense approximative de 35 000 francs.

Les dépenses de fonctionnement sont : 6500 francs de produits chimiques et 1750 francs pour les filtres presses ; amortissement 3500 francs ; soit par année : 11 750 francs.

Pour l'usine B, les frais d'installation s'élèveraient à 42 500 francs et ceux de fonctionnement à 16 000 francs.

Il faudrait donc que les boues soient traitées pour en retirer la totalité des graisses et que le résidu fût vendu comme engrais, pour couvrir ces dépenses.

Procédé employé à l'usine Holden à Croix (Nord) [1]. — Les eaux à épurer ont la composition suivante par mètre cube :

Matières grasses	$9^{kgr},500$	
Matières organiques	$3^{kgr},841$	$13^{kgr},341$
Matières minérales ou insolubles. . . .	$7^{kgr},082$	

Elles passent dans un bassin en tôle, doublé de plomb dans

(1) D'après De La Coux.

lequel on introduit 5 kilogrammes d'acide chlorhydrique du commerce à 22° B. par mètre cube. Les acides gras sont mis en liberté et viennent flotter à la surface sous forme d'un magma entraînant quelques matières terreuses, magma ayant la composition suivante :

Graisses	43,30 %
Matières organiques	18,33 %
Matières minérales	37,87 %

L'eau claire qui s'écoule renferme encore :

Matières grasses.	1kgr,100	par mètre cube.
Matières organiques	1kgr,672	—
Matières minérales.	1kgr,145	—
	3kgr,917	—

L'eau acide est neutralisée par la chaux; elle abandonne un précipité et est rejetée après décantation.

Le coût du traitement est de 0 fr. 22 par mètre cube, soit 0,20 pour l'acide chlorhydrique à 4 francs les 100 kilogrammes et 0,02 pour la chaux.

Le magma est pressé à chaud et laisse s'écouler une graisse non saponifiable ; le résidu est épuisé de la graisse qu'il contient par le sulfure de carbone ; le tourteau représentant 1 kilogramme par kilogramme de laine peignée, titre 1 pour 100 d'azote.

A l'usine Holden, on extrait 6 kilogrammes de graisse, évaluée à 25 francs les 100 kilogrammes, par mètre cube d'eau : le traitement laisse donc un bénéfice de 1 fr. 28 qui semble suffisant pour couvrir et au delà les frais de manutention.

Rowley Mills à Lepton (Angleterre) [1]. — Rowley Mills, à Lepton, coulent d'abord les 90 mètres cubes d'eaux résiduaires du peignage de laines dans un puisard de 20 mètres cubes, d'où une pompe les envoie dans trois bassins de précipitation, en bois, contenant chacun 45 mètres cubes, où se fait la récupération des graisses. Celles-ci sont précipitées par l'acide sulfurique (environ 50 litres par bassin) ; le mélange de l'eau et de l'acide se fait par injection d'air et de

[1] D'après H. Maclean Wilson et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 529.

vapeur pendant 7 à 8 minutes. On fait alors une prise d'échantillon, et suivant l'aspect on ajoute un peu plus d'eau ou un peu plus d'acide. Au bout de 5 heures, on vide l'eau acide de manière à ne laisser dans le bassin qu'une couche de 50 centimètres; l'eau se rend dans un bassin de neutralisation en bois, de 16 mètres cubes, d'où elle est renvoyée dans un autre bassin semblable, situé au-dessus.

Quand chaque bassin de précipitation a servi deux fois et a traité par suite 90 mètres cubes d'eau, on fait écouler les boues sur un des quatre filtres à boues. Ces derniers sont constitués par une couche de scories de 9 mètres de longueur sur 2 m. 60 de largeur et 0 m. 60 de hauteur, recouverte d'une couche de morceaux de briques. L'eau de drainage s'écoule dans le premier puisard de 20 mètres cubes, signalé plus haut et elle est renvoyée avec l'eau à épurer dans les bassins de précipitation. Les boues desséchées sont mises en petits sacs contenant environ 5 kilogrammes et on obtient chaque jour 60 sacs semblables, provenant de 90 mètres cubes d'eau. Ces sacs sont expédiés à une usine spéciale pour l'extraction des graisses, qui livre l'acide sulfurique et paie en outre, une redevance de 16 fr. 75 à la tonne de boues.

La neutralisation dans les bassins se fait au moyen de lait de chaux préparé à l'avance dans un récipient de 2 mètres cubes. On utilise 15 kilogrammes de chaux pour 45 mètres cubes d'eau traitée dans les bassins de précipitation. L'eau neutralisée s'écoule par un siphon et une rigole de bois vers un lit bactérien percolateur, de 9 mètres de diamètre et 1 m. 20 de hauteur, constitué par des scories. La grosseur des matériaux varie de 50 millimètres en bas à 6 millimètres à la surface. L'eau est répandue sur le lit au moyen d'un sprinkler alimenté lui-même par une roue à augets.

Lors du nettoyage des bassins de neutralisation, on fait écouler les boues sur un filtre à cendres de 2 m.8 $\times$ 1 m. 80.

Cette installation a coûté 15000 francs. Les frais d'exploitation s'élèvent à 1500 francs pour le surveillant, 225 francs pour la chaux : les recettes provenant des boues se montent à 1500 francs environ.

Ce procédé est employé depuis quelques années dans l'usine et donne, suivant M. Maclean Wilson, de très bons

résultats, comme le montrent les analyses qu'il donna en 1909 :

EN GRAMMES PAR LITRE	EAU RÉSIDUAIRE	EFFLUENT		
		BASSINS D'ACIDIFICATION	BASSINS DE NEUTRALISATION	FINAL
Matières en suspension organiques	0,992	0,268 à 1,186	0,414 à 1,089	0,004 à 0,060
Matières en suspension minérales	0,0955	0,090 à 0,120	0,084 à 0,135	0,0024 à 0,0064
Matières en solution organiques	2,204	2,330 à 3,086	2,460 à 3,103	2,044 à 2,654
Matières en solution minérales	1,204	1,786 à 2,182	1,790 à 2,262	1,922 à 2,400
Azote ammoniacal	0,0032	0,0026 à 0,009	0,0026 à 0,0074	0,0019 à 0,007
Azote organique	0,045	0,0059 à 0,0321	0,0141 à 0,0275	0,0025 à 0,0104
Oxygène absorbé en 4 heures	0,1865	0,0244 à 0,0372	0,0218 à 0,0372	0,001 à 0,0107
Alcalinité en $CO^3 Na^2$	1,039	»	»	»
Acidité en $SO^4 H^2$	»	0,490 à 1,176	0,608 à 1,156	trace à 0,519
Graisses	1,392	0,273 à 1,019	0,351 à 0,946	»

Les boues ont la composition suivante :

	Magma de précipitation par l'acide	Boues du bassin de neutralisation
Humidité	64,50 %	69,75 %
Matières organiques et volatiles	34,30 %	17,23 %
Cendres	1,20 %	13,02 %

Le produit desséché renferme :

	Magma de précipitation par l'acide	Boues du bassin de neutralisation
Matières organiques et volatiles	96,70 %	57,00 %
Cendres	3,30 %	43,00 %
Azote	3,14 %	0,69 %
Matières grasses totales	78,60 %	40,00 %

Hudson Worsted Co. Hudson. Mass. (1). — Dans cette usine, on traite 68 950 kilogrammes de laine par semaine, il doit être évacué de 6810 à 12 620 mètres cubes d'eaux résiduaires par jour en plein travail.

Les eaux passent d'abord dans des bassins de décantation, où elles abandonnent les plus grosses matières en suspension, puis elles sont élevées sur une tour réfrigérante pour en abaisser la température ; elles tombent alors dans des bassins où elles sont additionnées d'acide sulfurique et agitées par un

(1) WESTON, *Eng. Rec.*, 27 août 1910, p. 234.

courant d'air comprimé. Ordinairement, les graisses et autres matières en suspension se déposent lentement sous forme de boues. Le liquide clair traverse alors un bassin de décantation, où la plus grande partie des boues grasses se déposent, puis des lits de sable ou de cendre. L'effluent qui s'écoule alors est suffisamment purifié pour être déversé dans la rivière ou l'égout.

Les boues s'écoulent du fond des bassins sur de minces lits de sable où elles se sèchent. Ces boues sont alors placées dans des presses hydrauliques : on extrait ainsi la plus grande partie des graisses.

La récupération, par ce procédé, lorsque le prix des graisses est inférieur à 0 fr. 22 par kilogramme, ne peut ordinairement être poursuivie avec profit. Au-dessus de ce prix il peut y avoir un certain bénéfice suivant la situation de l'usine et les autres circonstances locales.

L'effluent contient moins de 200 milligrammes de graisses et 200 milligrammes de matières en suspension par litre. Bien qu'il soit acide il peut être déversé dans une rivière ou un égout sans danger.

Traitement par les alcalis.

On a employé le carbonate de soude pour traiter les eaux savonneuses, mais il ne peut en être question pour les eaux résiduaires de peignage de laines. Seule, la chaux est d'un usage courant, comme du reste pour certaines autres eaux résiduaires industrielles. Nous aurons occasion d'y revenir à propos des expériences de Grimonpont pour les eaux de Roubaix-Tourcoing.

Livingstone Mills Batley (Angleterre)[1]. — Les eaux traitées sont un mélange d'eaux de lavage et de teinture de laines pour vêtements; cependant les eaux chargées de graisses sont envoyées dans une autre usine où ces dernières sont récupérées; il reste donc les eaux de lavage et celles de teinture. Les matières colorantes employées sont l'indigo synthétique (procédé au bisulfite), divers dérivés de l'aniline et un peu

(1) D'après H. Maclean Wilson.

d'extrait de myrobolans. Le volume journalier des eaux résiduaires est de 34 mètres cubes.

Les eaux sont reçues d'abord dans un bassin d'attente de 68 mètres cubes, puis élevées par une pompe centrifuge. La grande capacité de ce bassin permet le mélange des eaux provenant des divers ateliers et pour éviter le dépôt des matières en suspension le tuyau d'aspiration de la pompe plonge jusqu'au fond. Cette pompe ne fonctionne que 6 à 8 heures par jour et seulement lorsque le bassin est plein.

Pour neutraliser et précipiter les eaux, on emploie le lait de chaux préparé dans un mélangeur cylindrique. Les eaux mélangées de chaux tombent dans un petit bassin de $1^{m3},500$ placé au-dessus du bassin de décantation dans lequel se déposent les matières les plus lourdes. Passant sur un large déversoir, les eaux tombent dans le plus grand des deux bassins de décantation d'une capacité de 42 mètres cubes, dans lequel se trouve une cloison pour retenir les écumes. Elles tombent alors dans le deuxième bassin en passant au-dessus du mur de séparation. Ce bassin, d'une capacité de $15^{m3},500$ est divisé en deux parties par une cloison transversale supportant de l'autre côté un filtre que les eaux traversent de bas en haut avant d'être évacuées. Les deux bassins ont le fond incliné vers une canalisation qui conduit les boues sur un filtre de 21 mètres carrés, formé de scories sur une hauteur de $0^{m},45$. On évacue chaque jour un peu de boue qui, par temps sec, peut être enlevée au bout de 3 à 4 jours.

Cette installation donne de bons résultats d'épuration et pourrait permettre de traiter un volume double d'eau résiduaire. Il serait probablement nécessaire d'augmenter alors la surface du filtre à boues.

Le prix d'installation a été de 11 625 francs, compris les pompes et canalisations; la dépense par semaine, chaux et main-d'œuvre, est de $8^{fr},10$.

Traitement par les sels.

On a proposé un certain nombre de réactifs chimiques qui n'ont pas été employés pour la plupart à cause de leur prix trop élevé : le chlorure ferreux (Legrand), le chlorure de manga-

nèse (Gaillet), le ferrozone et la chaux (Howaston), le liquide provenant du lavage des lignites, sulfates ferreux, ferrique et l'alumine (Houzeau), le sulfate ferreux et la chaux, la magnésie, puis, plus tard, le phosphate de soude ferrugineux (Boblique), etc.

G. Gianoli [1] a décrit une méthode qui a donné de bons résultats. Elle consiste à traiter les eaux encore chaudes, 60 à 80°, par une solution acidulée de sulfate ferreux. Les alcalis sont saturés par l'acide et le savon se combine au fer. On traite les savons par l'acide sulfurique sous une pression de 1/2 à 3/4 d'atmosphère : les acides gras ainsi obtenus sont suffisamment purs pour être saponifiés immédiatement et le savon obtenu rentre dans le travail, tandis que le fer en solution sert à nouveau.

Procédé Gaillet et Huet [2]. — Ce procédé a été employé en 1881 au peignage de laines Delattre, à Dorignies, près Douai, pendant un certain temps.

Les eaux sont débarrassées des boues par décantation : ces boues peuvent être utilisées comme engrais. Les eaux sont alors additionnées d'une solution de perchlorure de fer et d'acide chlorhydrique; on écume les acides gras séparés qui viennent flotter à la surface et on les presse à chaud. Les eaux sont ensuite neutralisées par un lait de chaux qui produit une précipitation abondante : elles sortent des bassins de décantation bien clarifiées. Les boues calcaires pressées donnent des tourteaux susceptibles d'être employés comme engrais. Le traitement des eaux provenant de laines non désuintées a donné les résultats suivants, d'après les analyses qui ont été publiées par M. Gaillet (par litre) :

	Eau brute		Eau épurée	
Matières minérales solubles. . .	12gr,68		13gr,14	
— — insolubles. .	1gr,34	total 14,02	néant	total 13,41
— organiques volatiles. .	13gr,60		3gr,70	
— — fixes. . . .	2gr,12	— 15,72	1gr,05	— 4,75
TOTAL.	29gr,74		17gr,89	

(1) D'après Naylor.

(2) P. GAILLET, Epuration des eaux de vidange des fabriques. *Ann. de l'Ass. des élèves de l'Institut Industriel du Nord*, Lille, 1886.

D'après les analyses de M. Meurein, inspecteur départemental de la Salubrité du Nord :

	Eau brute		Eau épurée	
	—		—	
Extrait sec.		9gr,9		4gr,70
Graisses.	6,50	9,9	néant	4,70
Matières organiques..	1,20		1,40	
— minérales.	2,20		3,30	

Ce dernier déclare que ce traitement donne d'excellents résultats.

Pour les usines n'ayant à traiter que 20 à 50 mètres cubes d'eaux résiduaires par jour, M. Gaillet donne un autre mode de travail. Le traitement continu étant trop délicat, voici comment il conseillait d'opérer. Chaque bac de lavage était vidé dans une cuve circulaire en maçonnerie et on y ajoutait alors la dose de réactif nécessaire, perchlorure de fer et acide chlorhydrique ; un agitateur mécanique permettait d'obtenir un mélange bien intime. On faisait alors écouler dans la cuve du lait de chaux pour bien assurer la saturation de l'acide et la précipitation du fer. L'eau était alors pompée dans un réservoir placé à environ 7 mètres au-dessus du niveau du sol, d'où elle s'écoulait dans un filtre-presse à grand débit. L'eau qui s'en écoulait était limpide et à peine colorée.

Ce procédé, essayé à Fourmies (Nord), fut reconnu comme le meilleur et recommandé en 1881 par une Commission nommée par le Conseil de Salubrité du département du Nord.

Les tourteaux des filtres peuvent, après séchage, servir à la fabrication du gaz d'éclairage dont la valeur, d'après le rapport de la Commission, peut couvrir largement la dépense résultant de ce traitement.

Un procédé analogue fut employé au peignage Tordeux, à Avesnelles (Nord), jusque 1890, date de l'arrêt de l'usine.

Les eaux étaient traitées par un mélange de chaux et de sulfate de fer, puis filtrées sur des fascines et sur du sable. Le précipité, d'une épaisseur de 15 à 20 centimètres, était enlevé à la bêche et séché au soleil. On l'employait pour la fabrication du gaz d'éclairage de l'usine.

M. Tordeux nous assure, dans les renseignements qu'il a bien voulu nous communiquer, que les résultats d'épuration

ont toujours été excellents. Il ajoute toutefois que l'application de ce procédé pour une grande usine lui paraît difficile par suite des grandes surfaces de terrains nécessitées pour les filtres et le séchage des boues.

Traitement par évaporation [1].

Traiter les eaux résiduaires de lavage de laines de façon à les réemployer sans avoir jamais à en rejeter; récupérer tous les produits utilisables contenus dans ces eaux, tel est le but du procédé Smith et Leach breveté en Angleterre en 1900. Les appareils employés sont un évaporateur Yaryan, un séparateur par centrifugation et un incinérateur cylindrique rotatif.

Les eaux savonneuses, au sortir des bacs de lavage de la laine, passent dans des bassins de décantation où elles abandonnent les sables et les boues. Ces bassins sont au nombre de trois et ont une capacité totale égale au volume des eaux écoulées pendant un jour et demi. Deux sont en usage, le troisième en nettoyage.

Les eaux sont alors évaporées dans l'appareil Yaryan [2] jusqu'à réduction à un dizième ou un quinzième de leur volume primitif. L'évaporateur est à quadruple effet, l'opération étant répétée quatre fois, à des températures et pressions successivement plus basses et chaque section consiste en un chauffeur, une chambre à réception et un récepteur où la vapeur est séparée du liquide concentré et s'écoule dans un bassin en attendant l'emploi. On recueille ainsi environ 80 pour 100 des eaux.

Le liquide concentré après avoir été chauffé à une température voisine du point d'ébullition est traité dans un séparateur centrifuge [3] basé sur le principe des écrémeuses de lait. On a ainsi, d'un côté, les boues et sables, puis les eaux savon-

[1] D'après H. Maclean Wilson. Un procédé basé sur le même principe et peut-être des mêmes inventeurs, a été décrit très sommairement dans le troisième volume de ces *Recherches*, p. 106.

[2] et [3] Naylor signale que l'évaporateur Kestner peut donner de bons résultats, et comme un très bon type de séparateur celui de Fawett Presten et C° et C. M. Mathey.

neuses contenant toute la potasse de la laine et enfin une dernière couche consistant presque entièrement en graisse de laine.

Les boues et sables sont retirés de temps à autre à la main. Les liquides sont évacués par des conduites séparées : les graisses sont purifiées par chauffage avec de l'eau, puis séparées par refroidissement; les eaux savonneuses sont évaporées de nouveau de façon à réduire le volume des trois quarts. Les dernières passent alors dans un incinérateur cylindrique rotatif où, la matière organique étant brûlée, il ne reste que du carbonate de potasse. On a ainsi obtenu séparément :

1° Eau distillée;

2° Graisse de laine;

3° Carbonate de potasse brut;

4° Boues et sables.

L'eau distillée n'est pas parfaitement pure : elle contient de l'ammoniaque et une trace de graisse entraînée pendant l'évaporation, mais elle est de très grande valeur pour le lavage des laines. Les inventeurs estiment qu'il faut de 15 à 30 pour 100 de savon en moins pour le travail si on emploie cette eau au lieu de celle distribuée dans les villes et si elle est utilisée à la température exigée pour le lavage des laines.

La graisse de laine ainsi obtenue a une plus grande valeur que la graisse noire du traitement des eaux par l'acide sulfurique, attendu qu'elle est obtenue des eaux non fermentées et sans emploi d'acide minéral. Elle ne contient pas d'acide gras et peut être employée sans purification comme lubréfiant ou pour tous les usages de la graisse noire purifiée. Le prix marchand de cette graisse est double de celui de la graisse noire. Elle est reconnue comme lubréfiant[1] de valeur en présence de l'eau à une température supérieure à 100° F (37°8 C).

Le carbonate de potasse contient 50 à 70 pour 100 de carbonate pur, suivant la proportion de sables et de boues entraînées et peut être soit employé à l'état brut pour le lavage de la laine, soit vendu pour être purifié.

[1] Cette graisse ne contenant ni acides gras, ni huiles, ni glycérine, n'a aucune action corrosive sur les métaux.

Le sable et les boues ont peu de valeur comme engrais mais peuvent être employés avec avantage comme amendements.

Ce procédé présente deux avantages accessoires : les eaux étant traitées à l'état frais, l'épuration s'effectue sans nuisance; de plus, l'ensemble des appareils occupe un espace très restreint comparativement à celui nécessité par les bassins de décantation indispensables pour les procédés par précipitation.

Ce procédé était installé en 1900 aux Field-Head Mills de Bradford pour traiter 55 mètres cubes par jour. Le prix de l'installation totale a été de 112500 francs. Les dépenses en charbon et en main-d'œuvre ont été considérables. Il faut, en effet, trois ouvriers et une consommation de 20 tonnes de charbon par semaine. D'un autre côté, la valeur des produits obtenus est très grande. En temps ordinaire, on lave par jour 4500 kilogrammes de laine contenant 12 à 15 pour 100 de graisse et 6 à 7 pour 100 de carbonate de potasse. Le prix de la graisse peut être donné de 500 francs la tonne et celui de la potasse de 575 francs la tonne et comptant à $0^{fr},19$ le mètre cube d'eau distillée, la valeur totale des sous-produits est de 400 à 500 francs par jour.

Il n'est pas économique de traiter moins de 454 litres d'eau par heure et le prix de l'installation étant très élevé il y aurait avantage pour les industriels à se grouper pour que toutes les eaux soient traitées dans une usine centrale.

D'après les affirmations de la Yaryan Company, il faut, dans ses appareils, 1 kilogramme de charbon pour évaporer 40 kilogrammes d'eau et l'eau distillée produite revient à $0^{fr},55$ le mètre cube en tenant compte du prix de l'appareil, de la main-d'œuvre et du charbon.

Nous trouvons dans l'ouvrage de Naylor les analyses suivantes :

SABLES ET BOUES DU SÉPARATEUR

Humidité	23,20 %
Graisses en savons	9,60 %
Composés azotés	1,64 %
Composés minéraux	65,56 %

GRAISSES

	Centrifugées	Clarifiées
	—	—
Humidité	4,00 %	0,60 %
Matières insaponifiables (cholestérine).	42,60 %	44,60 %
Matières saponifiables	52,14 %	53,65 %
Matières insolubles organiques	0,46 %	0,75 %
Matières insolubles minérales	0,80 %	0,40 %

POTASSE BRUTE

Carbonate de potasse	55,48 %
Carbonate de soude	1,43 %
Chlorure de potassium	5,21 %
Sulfate de potasse	6,08 %
Matières minérales insolubles	29,82 %
Matières carbonisées	1,96 %
Alcalinité totale exprimée en carbonate de potasse	57,34 %

Un autre procédé de traitement par évaporation a été employé dans l'usine de *Thomas Biggart and C°*, à Dabry Ayrshire (Angleterre) [1].

Dans cette usine, le dégraissage des laines est obtenu par le savon de potasse seul.

Les eaux savonneuses du premier bassin contenant environ les 9/10 des graisses et de la potasse sont écoulées dans un bassin rectangulaire dans lequel elles laissent déposer les sables, etc., pendant douze heures.

On les envoie alors dans un appareil évaporateur où on les concentre jusqu'à consistance sirupeuse. Le liquide, mis à refroidir dans des bassines, abandonne les graisses qui surnagent et qu'on enlève de temps à autre. La partie semi-liquide qui reste, contenant la potasse et les matières organiques autres que les graisses, est coulée dans un four à incinérer. La chaleur dégagée par ce four, les matières organiques brûlant sans addition de combustibles, est utilisée pour l'évaporation des eaux. La potasse brute est purifiée pour rentrer dans le travail.

La graisse est chauffée avec de l'acide sulfurique et peut alors être vendue ou purifiée plus complètement.

Ce procédé est, paraît-il, rémunérateur; il n'exige qu'un emplacement restreint et évite toute nuisance. Cependant il ne

[1] D'après Naylor.

paraît pas s'être répandu. On traite ainsi de 27 à 31 mètres cubes d'eau par semaine. On en retire, par semaine, 350 kilogrammes de graisses à 150 francs la tonne et 500 kilogrammes de potasse à 412fr,50 la tonne. 100 kilogrammes de sels (sulfate et chlorure de potassium) à 175 francs la tonne. On doit employer environ, pour l'évaporation, 200 kilogrammes de charbon.

Le *procédé Roger Burril, Griffin* (1892) rentre dans cette même catégorie.

Il consiste à mélanger aux produits concentrés des eaux de lavage une matière absorbante ayant des caractères d'acidité. On détruit ainsi l'émulsion formée par la graisse et l'eau et on sépare de la graisse l'ammoniaque et la potasse. La graisse pourrait ensuite être extraite du mélange en employant un procédé mécanique quelconque, en dissolvant la graisse ou en la faisant passer à travers les parois filtrantes.

Les eaux de lavage sont concentrées par évaporation, mélangées à 20 pour 100 du poids de phosphate acide de chaux. On mélange et on chauffe au voisinage de la température d'ébullition pour retirer l'eau que contient la masse. On agite constamment aussi longtemps qu'il se dégage des vapeurs et jusqu'à ce qu'il apparaisse une fumée de matières grasses.

Épuration des eaux résiduaires de peignages en Angleterre.

M. Schiele a consigné les résultats d'une enquête sur les procédés d'épuration employés en Angleterre, dans un livre paru récemment. Nous résumons ci-après les parties les plus importantes de cet ouvrage.

L'épuration des eaux résiduaires de peignages de laines se fait ordinairement, en Angleterre, de la façon suivante : on les envoie d'abord dans une cuve de décantation où elles abandonnent les matières terreuses et argileuses en suspension, puis on les fait traverser un tamis qui retient les filaments de laine entraînés et on les recueille dans un bassin où elles subissent la précipitation chimique. On utilise le plus souvent pour cette précipitation, l'acide sulfurique, par exemple à

Brighouse, à Pudsey, à Keighley, à Wakefield, à Norden Butterwort; parfois on a recours au lait de chaux et au perchlorure de fer, par exemple à Norden-Kelsall et Kemp. Le mélange de l'eau et du précipitant se fait dans le bassin au moyen d'un agitateur, ou de dispositifs spéciaux tels qu'insufflation d'air comprimé, emploi de roues hydrauliques où se fait le mélange, etc. La quantité d'acide sulfurique à employer et la durée du contact à adopter dépendent de la concentration de l'eau. Dans les petites usines, on laisse souvent les bassins remplis pendant deux ou trois jours, et on laisse ensuite s'écouler le liquide décanté.

Les boues riches en matières grasses qui se précipitent dans les bassins sont le plus souvent envoyées sur des filtres de drainage formés de scories, ou pressées au filtre à toiles. Les boues ainsi desséchées sont alors traitées en vue de la récupération des graisses : on les presse à chaud, les graisses s'écoulent sous la forme d'une huile brune qui se vend en Angleterre de 150 à 300 francs les 1000 kilogrammes. Cette extraction ne se fait pas dans les petites usines qui vendent ordinairement leurs boues à des industriels qui les traitent et écoulent les graisses obtenues surtout dans les savonneries. Les tourteaux qui restent après le pressurage sont le plus souvent vendus, parfois donnés pour l'utilisation agricole. Dans quelques villes du Lancashire, on envoie ces résidus par chemin de fer dans le comté de Kent où ils servent pour la fumure du houblon. A Bradford, dont les eaux d'égout renferment 15 pour 100 d'eaux résiduaires de peignages de laines, les tourteaux contiennent après pressurage, encore 15 à 25 pour 100 de matières grasses, et ne peuvent être utilisés en agriculture : on les mélange avec un septième de leur poids de charbon et on les brûle. A Rochdale, où la proportion d'eaux résiduaires de peignages de laines atteint seulement 7 pour 100, les agriculteurs voisins utilisent environ la moitié des tourteaux, l'autre moitié est expédiée plus loin par chemins de fer ou canaux.

La méthode d'extraction des graisses des eaux de peignages par centrifugation est également à l'étude dans les installations anglaises. Les matières grasses séparées par l'appareil centrifuge sont fondues plusieurs fois, purifiées par ébullition

dans l'eau, et finalement malaxées avec de l'eau. Elles sont vendues dans le commerce sous le nom de « lanoline. »

Les eaux qui s'écoulent des bassins de précipitation chimique sont envoyées dans des fosses de décantation, où elles se réunissent le plus souvent avec les autres eaux résiduaires de l'usine (eaux de lavage, eaux ménagères, matières fécales, etc.). Elles y subissent une décantation ; parfois on neutralise leur acidité, puis on les laisse s'écouler dans les cours d'eaux ou dans les égouts.

L'extraction des graisses des eaux résiduaires de peignages de laines est souvent très rémunératrice, quand il s'agit d'usines importantes; une fabrique des environs d'Halifax retire ainsi chaque année un bénéfice de 12000 francs par l'extraction de ces graisses qui s'écoulaient autrefois dans le canal. A Bradford, on s'est plaint cependant que les fabriques de la ville n'avaient monté l'extraction des graisses que pour en retirer un bénéfice et non pas pour épurer leurs eaux, de sorte que cette partie du travail était négligée dès que le prix des graisses était trop bas pour rendre l'exploitation rémunératrice. On ne retient qu'environ les trois quarts des matières grasses, le reste s'écoule au canal avec l'excès d'acide sulfurique ou de sels de fer. D'ailleurs l'épuration est souvent considérée dans les usines comme un travail sans importance qu'on confie par suite à des ouvriers inexpérimentés et sans valeur.

Quand les eaux de peignages de laines doivent être épurées en mélange avec d'autres eaux d'égout, on a recours le plus souvent à un traitement préalable par précipitation chimique, par fosse septique ou par bassins de décantation, et l'effluent est épuré par épandage ou par lit bactérien.

Nous examinerons sommairement les principales installations anglaises, dans lesquelles l'épuration porte sur des eaux de peignages de laine, en indiquant les solutions qui ont été adoptées et les résultats obtenus.

Les installations de Bradford, de Hendon, d'Hudersfield, de Leeds, de Swinton ont déjà été décrites dans des volumes précédents et nous n'y reviendrons pas ici [1].

[1] Voir pour Bradford : 5e volume, p. 107; pour Hendon, 2e volume, p. 104; pour Huddersfieldd, 2e volume, p. 107; pour Leeds, 2e volume, p. 107 et ce volume, p. 155; pour Swinton, 2e volume, p. 126.

BRIGHOUSE. — La ville de Brighouse ne tolère l'évacuation des eaux résiduaires dans les canaux que lorsqu'elles ont subi un traitement préalable qui s'effectue de la façon suivante :

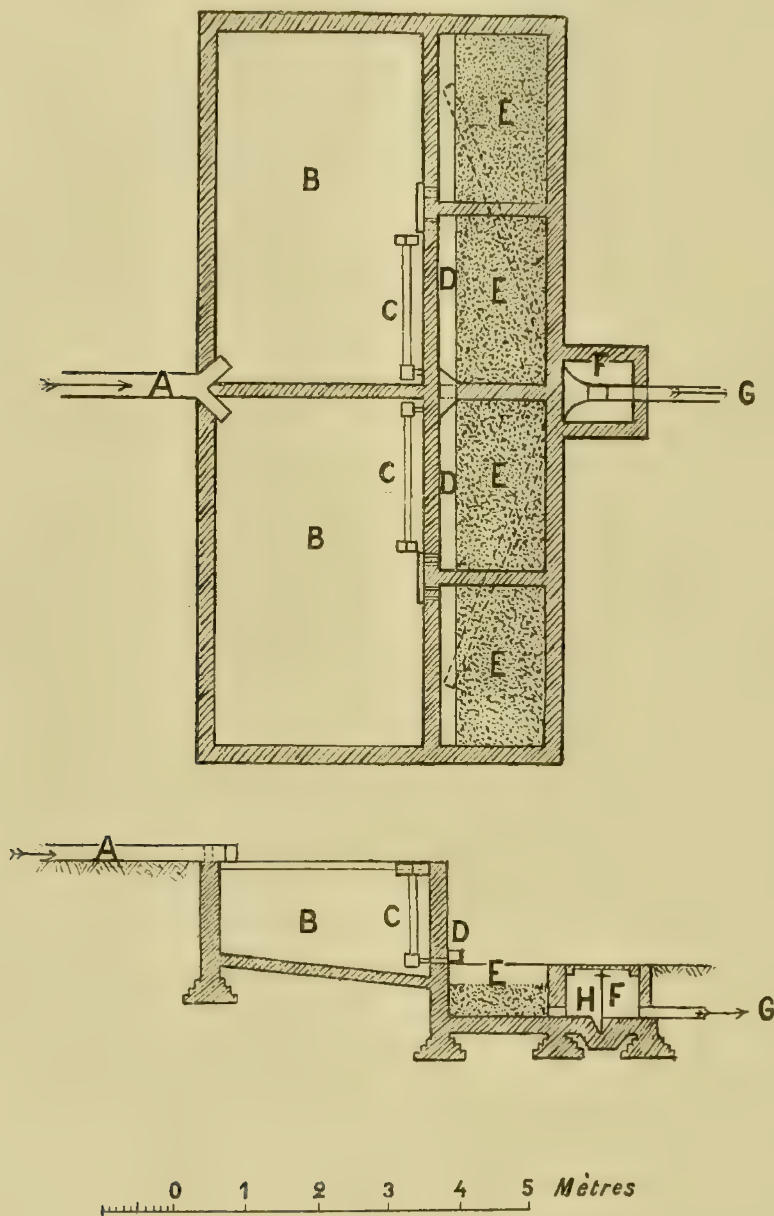


Fig. 17. — Traitement des eaux résiduaires de peignages de laines, à Brighouse.

A, arrivée de l'eau ; B, B, bassins de précipitation chimique ; C, C, flotteurs décanteurs D, gouttière de répartition ; E, E, E, E, filtres à coke ; F, orifice de contrôle municipal ; G, sortie de l'eau ; H, seau mobile pour l'échantillonnage de l'eau purifiée.

les eaux coulent d'abord dans deux bassins dont le volume total est égal au volume des eaux évacuées chaque jour. Ces eaux y sont additionnées d'acide sulfurique, qui précipite les

matières grasses, puis décantées sur quatre filtres à coke placés au-dessous. Ces filtres peuvent servir également au drainage des boues et des graisses précipitées ; la figure 17 représente la disposition générale de cette installation.

KEIGHLEY. — Les eaux résiduaires de la ville de Keighley (22 000 habitants) renferment 50 pour 100 d'eaux industrielles provenant de 4 peignages de laine, 3 peignages de coton, 1 teinturerie, 4 tanneries, 3 filatures, etc., mais les industriels doivent faire subir à leurs eaux une purification préalable avant de les évacuer dans les canaux de la ville. On peut citer comme exemple de cette purification préalable l'installation faite au peignage de laines de J. P. Heaton et Cie, et

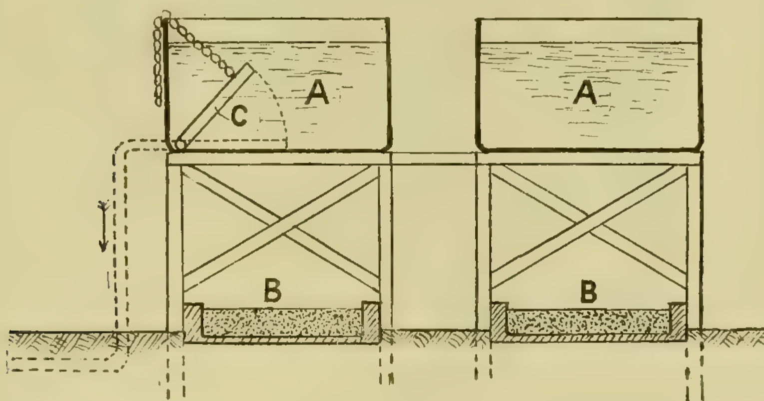


Fig. 18. — Traitement des eaux résiduaires du peignage de laines de J. H. Heaton et Cie, à Keighley.

A, A, bassins de précipitation chimique ; B, B, filtres d'égouttage des boues ; C, tube de décantation.

représentée par la figure 18. Les eaux chargées de graisses sont envoyées par une pompe dans deux réservoirs ouverts en fer, placés dans la cour de l'usine. On y ajoute de l'acide sulfurique, on agite ; après repos on évacue dans les canaux de la ville au moyen d'un tube décanteur, articulé ; les boues sont évacuées sur deux filtres de $0^{m},50$ de hauteur environ, formés de scories. Elles s'y dessèchent et on les expédie ensuite dans une usine centrale où se fait l'extraction des graisses des boues qui proviennent de diverses usines. Les eaux industrielles ainsi traitées se mélangent alors aux autres eaux de la ville. L'épuration se fait par filtration intermittente, mais les résul-

tats en sont insuffisants et l'épuration biologique est actuellement à l'étude.

PUDSEY. — Les eaux de la ville de Pudsey (15000 habitants) renferment 44 pour 100 d'eaux résiduaires industrielles

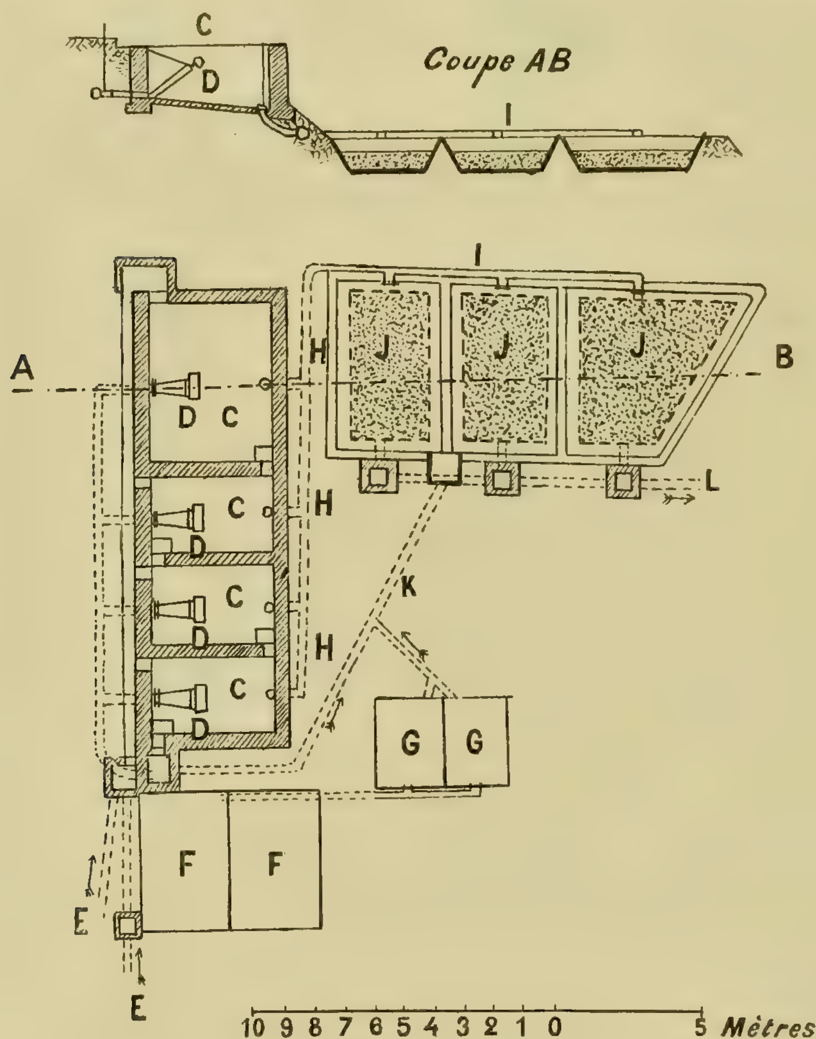


Fig. 19. — Traitement des eaux résiduaires d'une usine de peignage de laine, à Pudsey

C, C, C, C, bacs de décantation; D, D, D, D, flotteurs décanteurs; E, E, arrivée des eaux; F, F, bassins de précipitation chimique, G, G, filtres à boues grasses; H, canalisation des boues décantées; I, gouttière d'arrivée des boues; J, J, J, filtres à boues; K, canalisation d'eau purifiée, L, évacuation de l'eau dans les canaux de la ville.

qui doivent subir une épuration préalable, avant d'être évacuées dans les canaux de la ville. L'ensemble des eaux résiduaires de Pudsey est épuré dans deux stations. A Smalewill, les eaux sont traitées par précipitation chimique au moyen de

la chaux, dans trois bassins de décantation, puis elles passent sur 8 lits bactériens et sur un-demi hectare de terre. A Houghside, l'épuration se fait dans 9 fosses septiques

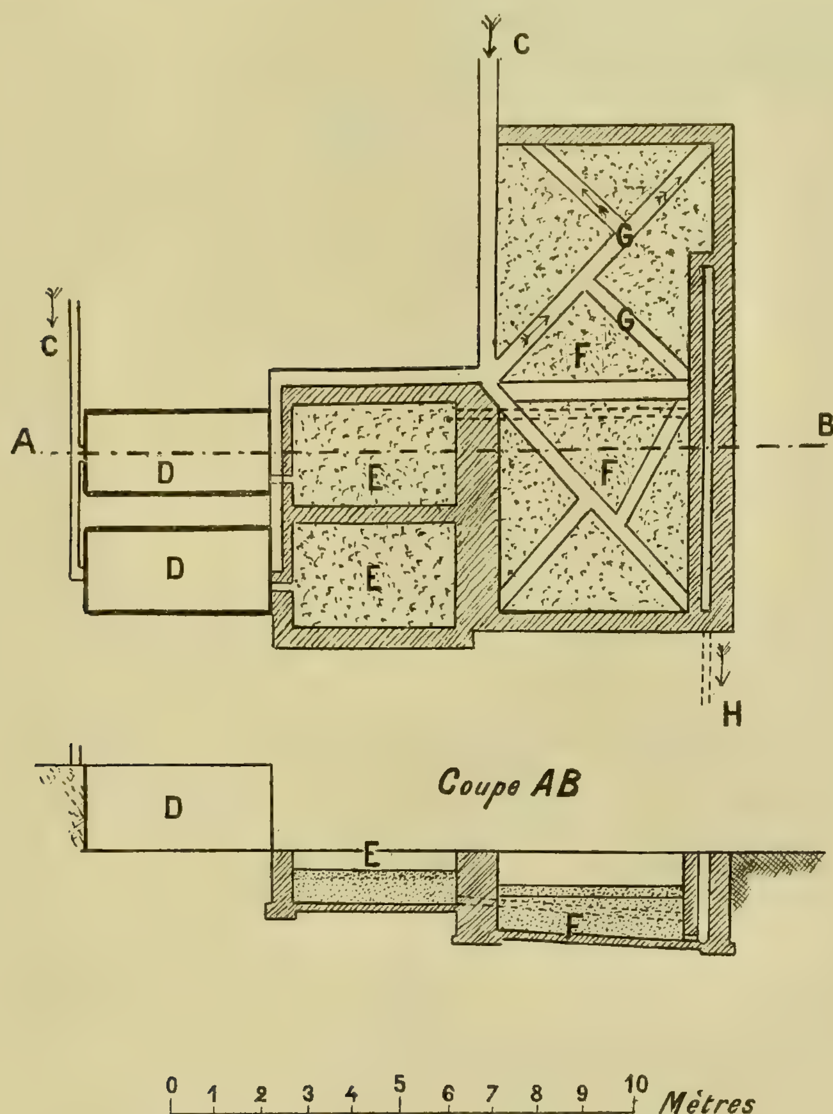


Fig. 20. — Traitement des eaux résiduaires d'une usine de peignage de laines, à Pudsey.
C, arrivée de l'eau ; D, D, bassins de précipitation chimique ; E, E, filtres à boues ; F, F, filtres à eau ; G, G, gouttières de répartition ; H, sortie de l'eau purifiée.

ouvertes, puis sur 9 lits percolateurs et sur 4 hectares 8 de terre.

La purification préalable des eaux industrielles se fait dans les usines et on peut citer comme exemples les deux installations suivantes destinées à épurer sommairement les eaux

résiduaires d'un peignage de laines auquel est jointe une teinturerie. La quantité d'eau à traiter par jour atteint environ 70 mètres cubes. Dans l'installation représentée par la figure 19, les diverses eaux résiduaires sont traitées séparément. Les eaux concentrées et riches en graisses qui viennent du peignage sont traitées par l'acide sulfurique dans deux bassins de précipitation; les eaux de la teinturerie sont envoyées dans de simples bacs de décantation. Les boues qui se déposent dans les bassins de précipitation sont évacuées sur deux filtres où elles s'égouttent. Les boues qui proviennent des eaux de la teinturerie sont également envoyées sur trois filtres à boues. Les eaux décantées qui viennent des bassins de précipitation, de décantation, ainsi que les eaux d'égouttage des filtres, vont rejoindre les eaux de la ville, mais on peut, si cela est nécessaire, faire passer les eaux des bassins de décantation ou de précipitation chimique sur un ou plusieurs des trois filtres, quand ils ne sont pas utilisés pour l'égouttage des boues.

Dans l'installation représentée par la figure 20, toutes les eaux résiduaires de l'usine (peignage et teinturerie) sont traitées ensemble. Les eaux arrivent d'abord dans deux bassins de précipitation, où elles sont additionnées d'acide sulfurique, puis elles passent sur deux filtres, tandis que les boues sont évacuées sur deux autres filtres spéciaux où elles s'égouttent. Les eaux s'écoulent ensuite directement au canal. Les résultats de ces deux installations sont excellents.

QUEENSBURY. — A Queensbury, les 550 mètres cubes d'eaux résiduaires provenant de 6500 habitants sont mélangés avec 15 mètres cubes d'eaux de brasserie et 200 mètres cubes d'eaux de peignages de laine, mais ces dernières subissent à l'usine un traitement préalable. L'épuration de l'ensemble de ces eaux se fait par précipitation au moyen de l'alun de fer suivie de filtration intermittente. Les résultats sont satisfaisants.

ROCHDALE. — La ville de Rochdale (75000 habitants) possède deux installations d'épuration des eaux résiduaires; l'une placée à Roch Mills épure environ 85 pour 100 du

volume total; l'autre à Castleton, épure le reste. Ces eaux renferment environ 7 pour 100 d'eaux industrielles provenant surtout de peignages de laines, et on a toujours eu de grosses difficultés pour l'épuration à cause de l'irrégularité d'évacuation de ces eaux résiduaires industrielles. La purification préalable est exigée dans les nouvelles usines; mais beaucoup d'usines anciennes évacuent leurs eaux sans épuration, brusquement et en grandes quantités à la fois.

A la station de Roch Mills, l'eau traverse d'abord une fosse à sables munie de grilles à nettoyage mécanique; elle est ensuite additionnée d'alun de fer en gâteaux qu'on place dans des réservoirs en forme de corbeilles; en même temps on y fait tomber goutte à goutte de l'acide sulfurique en quantité variable suivant l'alcalinité de l'eau. Trois agitateurs mélangent l'eau et les réactifs, puis le liquide se rend dans l'un des deux bassins de décantation de 480 mètres cubes de capacité, où se fait une première décantation grossière; il coule ensuite dans cinq bassins de précipitation de 49^{m},7 de longueur, 12^{m},20 de largeur et 1^{m},50 de profondeur. Un sixième bassin de mêmes dimensions sert de fosse septique ouverte et alimente deux lits bactériens percolateurs d'essais. La contenance totale des bassins est de 6400 mètres cubes, soit 85 pour 100 du volume journalier. L'eau traverse les bassins sans arrêt, et l'effluent est épuré, soit par épandage, soit sur lits bactériens à double contact. Les deux bassins de décantation sont vidés tous les cinq jours; les cinq bassins de précipitation sont vidés, le premier au bout de deux semaines, le dernier au bout de six semaines; la fosse septique est vidée tous les quatre mois.

Les boues sont envoyées par une canalisation et par une pompe dans un réservoir de 200 mètres cubes où elles se décantent; on y ajoute du lait de chaux pour les presser plus facilement. Elles sont alors poussées par une pression d'air comprimé à six atmosphères dans quatre presses à boues, et chaque presse livre 1070 kilogrammes de boues à 60 pour 100 d'eau. Les gâteaux sont brisés et utilisés par les agriculteurs qui les paient environ 0^{fr},60 la tonne.

A la station de Castleton, on employait autrefois la précipitation chimique par l'alun de fer; aujourd'hui on a recours à

l'épuration biologique. L'eau traverse une fosse à sables et des râteaux, puis passe dans trois anciens bassins de décantation et enfin dans deux fosses septiques ouvertes de 1400 mètres cubes. Elle s'écoule alors sur les six lits percolateurs de 6 mètres de diamètre et de 2^{m},60 de hauteur formés de morceaux de coke. La répartition se fait par sprinklers Candy Wittaker. L'effluent des lits percolateurs passe enfin dans deux bassins de décantation de 250 mètres cubes de capacité. Les boues sont envoyées dans six bassins dont le fond forme drainage et où elles se dessèchent avant d'être livrées aux agriculteurs au prix de 1^{fr},25 le mètre cube. Les résultats de l'épuration sont satisfaisants.

WAKEFIELD. — La ville de Wakefield (45 000 habitants) produit 9000 mètres cubes d'eaux d'égout par jour. Ces eaux renferment 50 pour 100 d'eaux résiduaires industrielles et notamment d'eaux de peignages de laines; et quelques usines seulement leur font subir une épuration préalable. Voici un exemple typique de cette épuration dans un peignage de laines : les eaux arrivent dans six petits réservoirs en bois de 2^{m},40 de largeur, 5 mètres de longueur, et 1^{m},50 de profondeur, et dans deux grands réservoirs dont la contenance est égale à celle de cinq petits, soit 54 mètres cubes. L'addition de l'acide sulfurique pour la précipitation des matières grasses se fait dans ces réservoirs; le mélange s'effectue au moyen d'agitateurs mécaniques ou par injection d'air comprimé. Les boues chargées de matières grasses sont évacuées sur un filtre de drainage placé au-dessous et pressées à chaud après dessiccation. L'huile obtenue est utilisée dans l'usine.

Les eaux de la ville de Wakefield passent d'abord dans deux grandes fosses à sables, puis elles sont additionnées d'une grande quantité de ferrozone (950 grammes par mètre cube): elles se rendent alors dans les fosses septiques. Celles-ci sont disposées en deux étages de quatre fosses et les eaux, après avoir parcouru les fosses septiques de l'étage supérieur, traversent celles de l'étage inférieur. La contenance totale des huit fosses septiques est de 5500 mètres cubes soit 60 pour 100 du volume journalier. Leur nettoyage a lieu toutes les six

semaines. Les boues sont évacuées dans deux bassins où elles se décantent; puis une grue à vapeur les transporte à dix

	1° TRAITEMENT PAR PRÉCIPITATION CHIMIQUE			
	PROPORTION D'EAUX INDUSTRIELLES	NATURE DES EAUX	MOYEN DE PRÉCIPITATION	TRAITEMENT DE L'EAU APRÈS PRÉCIPITATION
BRADFORD . . . . . Thornton et Tong. Sandy Lane et Greengates. Eccleshill et Idle. Installation projetée à Esholt.	50 %	Peignages de laines. Teintureries. Brasseries.	Produits chimiques surtout acide sulfurique.	Lits bactériens et épandage. Lits percolateurs. Epandage. Lits percolateurs et épandage.
ROCHDALE.	7 %	Peignages de laines. Tanneries, savonneries.	Acide sulfurique et alun de fer.	Lits bactériens à double contact et épandage.
BRIGHOUSE.	7 %	Peignages de laines et de coton, brasseries, teintureries, etc.	Produits chimiques.	Epandage.
PUDSEY	44 %	Peignages de laines, tanneries.	Chaux.	Lits bactériens.
QUENSBURY	40 % et 3 %	Peignages de laines. Brasseries.	Alun de fer.	Filtration intermittente.
SWINTON	17 %	Peignage de laines. Tanneries. Teintureries.	Chaux et sulfate de fer.	Lits bactériens à double contact.

fosses qu'on remplit sur une hauteur de 45 centimètres. Le fond de ces fosses est formé d'un drainage en tuyaux de poterie, sur lequel est placée une couche de 45 centimètres de grosses

scories de 7 à 10 centimètres, surmontée elle-même d'une couche de 10 centimètres de scories fines. Les boues s'y dessèchent et on en obtient 12 000 cubes par an. Quant à l'effluent des fosses septiques, il est traité par épandage sur

	2e TRAITEMENT SANS PRÉCIPITATION CHIMIQUE PAR FOSSE SEPTIQUE			
	PROPORTION D'EAUX INDUSTRIELLES	NATURE DES EAUX	PROPORTIONS DE LA FOSSE SEPTIQUE EN FRACTIONS DE LA QUANTITÉ D'EAU A TRAITER PAR JOUR	TRAITEMENT ULTÉRIEUR DE L'EAU
LEEDS. . . . . . Rodley Works.	36 %	Peignages de laines, teintureries.	1,0	Lits percolateurs et sol.
HYDE.	25 %	Peignages de laines, teintureries, etc.	2,0	Bassins de décantation et lits percolateurs.
RODCHDALE . . . Fluss Roch.	7 %	Peignages de laines, tanneries, savonneries, etc.	1,25	id.
Castleton	»	id.	1,0	id.
WAKEFIELD . . .	50 %	Peignages de laines, teintur., brasseries.	0,60	Filtration intermittente.
HALIFAX. . . . . (en construction)	»	Peignages de laines, industries métallurgiques.	»	Lits bactériens à double contact et sol.
PUDSEY.. . . . . Houghside.	44 %	Peignages de laines, tanneries, usine à gaz.	»	Lits percolateurs et sol.

environ 14 hectares de terre. Chaque hectare reçoit donc environ 640 mètres cubes par jour, et par suite de ce chargement très abondant, l'utilisation agricole n'est pas possible. L'installation totale a coûté 590 000 francs non compris l'achat du terrain d'épandage. On achète chaque année pour 22 500 francs de ferrozone et les dépenses totales annuelles s'élèvent à 100 000 francs, soit un peu plus de 2 francs par habitant.

Les tableaux précédents résument les conditions d'épuration des eaux résiduaires des diverses villes, lorsque ces eaux renferment beaucoup d'eaux de peignages de laines.

Les villes de Huddersfield, dont les eaux renferment 59 pour 100 d'eaux résiduaires industrielles et de Keighley, dont les eaux renferment 50 pour 100 d'eaux résiduaires industrielles et notamment de peignages de laines, ont jusqu'ici épuré leurs eaux par précipitation chimique seule ou par filtration intermittente, mais comme ces procédés se sont montrés insuffisants, elles envisagent l'installation des procédés biologiques. La ville de Liversedge construit actuellement des lits bactériens. A Trowbridge, où la proportion d'eaux industrielles atteint 55 pour 100, on a construit des bassins de décantation d'un volume égal au volume journalier des eaux, et l'effluent de ces bassins est épuré par lits bactériens à double contact.

AMÉRIQUE. — M. A. W. Clark a décrit (1) les expériences de la station de Lawrence pour le traitement des eaux résiduaires de peignages de laines de l'État de Massachusetts (U. S. A.).

La *filtration* des eaux de peignages seules a donné de mauvais résultats, mais lorsqu'elles étaient diluées dans un grand volume d'eaux d'égout domestiques, l'épuration par filtration intermittente a été satisfaisante. Lorsqu'on les déverse directement sur les filtres à sables ou à coke, ces eaux colmatent rapidement la surface et l'effluent ne diffère pas de l'eau résiduaire. Les eaux clarifiées par les précipitants chimiques filtrent facilement mais l'épuration est pratiquement nulle.

Par la *sédimentation*, ces eaux abandonnent une quantité considérable de matières solides, mais dans aucun cas il ne se dépose plus de 30 pour 100 de la matière organique en suspension. Généralement ce pourcentage est moindre, car les matières grasses et les savons ont une tendance à flotter en entraînant d'autres matières en suspension.

Tous les *précipitants chimiques* ordinaires ont été essayés : chaux, sulfate ferrique, sulfate ferrique et chaux, alun de fer,

(1) 41e rapport au Massachusetts Stade Board of Health, 1910.

sulfate d'alumine, sulfate ferreux, chlorure ferrique, chlorure de calcium, etc. Dans toutes les expériences on a reconnu qu'il fallait de grandes quantités de réactifs pour obtenir la coagulation.

Différentes proportions d'alun, dépassant 3 kilogrammes par mètre cube, donnèrent peu de résultats; il en fut de même avec le sulfate ferrique. La quantité de sulfate ferrique et de chaux pour obtenir une bonne coagulation et précipitation fut un peu moindre. Quelques eaux ne purent être clarifiées même par l'addition de 5 kilogrammes de sulfate d'alumine par mètre cube. On put obtenir dans certains cas quelque précipitation par l'addition de $1^{kg},5$ par mètre cube de sulfate ferreux ou de chlorure ferrique. Le chlorure de calcium produisit un meilleur effet mais il fallut employer de 1 à 2 kilogrammes par mètre cube pour les eaux concentrées. Dans tous les cas le filtrat était presque sans odeur.

Les insuccès dans l'emploi des précipitants pour obtenir une bonne clarification des eaux de peignages, excepté avec des quantités excessives, ont de nombreuses causes. Puisque la proportion de matières organiques et minérales contenues dans ces eaux est de 100 à 500 fois celle des eaux d'égout domestiques, on comprend qu'il faille de grandes quantités de précipitants. Une autre difficulté vient des volumes considérables de boues produites. Une grande partie des matières grasses sont en état de semi-émulsion, plus légère que l'eau; la coagulation tend à rassembler ces matières en masses contenant moins d'eau qu'avant la coagulation, et ce coagulum flotte en raison de sa légèreté et entraîne une partie des précipitants au lieu de les laisser tomber au fond du bassin.

Par la *filtration au travers du coke et des scories* on obtient une bonne clarification. Lorsqu'on peut considérer les eaux de peignages comme des eaux d'égout provenant des canalisations d'une ville, le meilleur traitement consiste dans la combinaison des bassins de décantation et des filtres à coke : l'effluent clarifié est alors épuré par les lits bactériens.

De nombreuses expériences furent faites à la station avec les eaux d'un peignage rejetant 158 mètres cubes par jour comprenant les eaux de lavage des laines et d'étoffes et les eaux de teinture. D'après les analyses, ces eaux correspondaient

à un volume d'eau d'égout domestique égal à 900 mètres cubes. Environ 20 pour 100 de la matière organique en suspension se déposaient en 24 heures. En employant $2^{kg},5$ *d'acide sulfurique* par mètre cube on obtint une bonne coagulation des matières grasses qu'on retenait facilement par la filtration : le liquide pouvait être évacué dans les égouts. On éliminait ainsi 70 pour 100 de la matière organique et 90 pour 100 des matières grasses, qui pouvaient atteindre 99 pour 100 après filtration sur le coke ou le sable. La graisse est retirée ensuite des boues; elle est vendue au Massachusetts environ 22 francs les 100 kilogs.

Dans une importante usine de Lawrence les laines sont traitées par le procédé breveté *naphta*, et on récupère, paraît-il, environ 22650 kilogrammes de graisse par semaine, qui ont une valeur double de celles obtenues par le traitement par l'acide. Ce procédé (1) vise seulement l'extraction de la graisse, mais une grande quantité de boues doit être retirée de la laine.

M. Clark donne la composition moyenne par litre des eaux de quelques grandes usines du Massachusetts.

USINES	RÉSIDU TOTAL		PERTE AU ROUGE		AMMONIAQUE	AZOTE		OXYGÈNE ABSORBÉ	GRAISSES
	Total	Dissous	Total	Dissous		Total	Dissous		
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
A	95,542	40,382	75,510	24,460	0,109	1,526	0,655	5,747	51,550
B	60,070	56,570	40,190	16,800	0,525	1,275	0,672	5,156	20,090
C	217,905	47,595	78,615	24,015	0,157	2,299	0,869	9,589	41,500
D	59,147	21,780	24,520	11,854	0,296	0,647	0,548	2,950	16,560

Cet auteur cite aussi des essais de traitement d'eaux résiduaires de peignages de laines mélangés d'eaux de teinture. Il obtint une bonne précipitation par l'addition de 500 à 500 grammes de chaux par mètre cube. Avec 550 grammes de chaux, le taux des matières organiques, déduit de la quantité d'oxygène consommé, fut réduit de 90 pour 100 et de 70 pour 100 par la perte au rouge. Les eaux résiduaires appliquées

(1) Dégraissage de la laine par les dissolvants tels que l'éther de pétrole (voir au début de cette étude).

sur des filtres à la dose de 112 litres par mètre carré et par jour donnèrent un effluent limpide, légèrement coloré en vert et imputrescible. L'effluent de la précipitation chimique donne, par filtration sur sable à la dose de 112 litres par mètre carré et par jour, une eau aussi bien épurée.

Les eaux résiduaires d'une autre usine furent suffisamment épurées par sédimentation puis filtration sur lits de sable au taux de 560 litres par mètre carré et par jour. Les eaux de lavage de laines avaient été privées de leurs graisses avant leur mélange avec les autres eaux.

Épuration des eaux de l'Espierre, Roubaix-Tourcoing (Nord).

L'Espierre (1) est un petit ruisseau qui prend naissance près de Mouveaux, passe au-dessous de Tourcoing et, contournant Roubaix, va se mêler au Trichon, autre ruisseau venu de Blanc-Sceau. Il se transforme, pendant la traversée de Roubaix, en un véritable égout à ciel ouvert, collectant toutes les eaux ménagères et industrielles de cette ville. Avant de se jeter dans l'Escaut, l'Espierre est encore grossi, jusqu'à la frontière, du Barchem, qui reçoit les eaux de Tourcoing et de Mouscron. C'est précisément à ce confluent qu'a été installée l'usine épuratoire de Grimonpont.

Bien qu'ayant un débit propre très faible, ce ruisseau, à de certaines heures, a un courant très rapide par suite de l'afflux des eaux résiduaires industrielles. Le volume quotidien qui était estimé, il y a une dizaine d'années, à 50 000 mètres cubes, est actuellement au minimum de 50 000 mètres cubes et on doit prévoir une augmentation momentanée portant le débit à 100 000 mètres cubes par jour.

Ces eaux sont très souillées et on comprend aisément que leur apport dans l'Escaut, en Belgique, y produise une conta-

(1) J. Arnould, La protection des cours d'eau et des nappes souterraines contre la pollution par les résidus industriels. *Rapport au Congrès international d'hygiène*, Paris, 1889.

E. Rolants, La question de l'épuration des eaux de l'Espierre, *Revue d'hygiène*, 1905.

C. Grimpret, ingénieur des Ponts et Chaussées. *Rapport au Congrès d'hygiène et d'assistance à Tourcoing*, 1906.

mination qui ne commence à s'atténuer qu'aux environs de Gand. Aussi, depuis plus de 50 ans, les communes belges riveraines de l'Escaut ont-elles vivement protesté auprès du gouvernement français pour amener une amélioration à cet état de choses.

En 1887, à la suite d'un décret du Président de la République, la création d'une usine épuratoire fut décidée à Grimonpont et la construction, d'après les plans de M. Gruson, alors ingénieur en chef, et Devos, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, fut terminée en 1889.

Les eaux de l'Espierre sont des eaux d'égout d'un caractère tout spécial, car elles se composent surtout d'eaux industrielles parmi lesquelles les eaux de peignage de laine représentent environ un tiers du volume total. Le tableau suivant ne donne qu'une idée approchée de la composition de ces eaux, car elle change à tout moment.

Tableau 1. — **Eaux de l'Espierre.**

Moyenne des analyses faites quotidiennement pendant 7 jours consécutifs en juillet 1881.

	Par litre.	
Matières grasses	1gr,080	2gr,220.
— organiques	1gr,140	
Sulfate de sodium	0gr,250	2gr,228
Chlorure de sodium	0gr,190	
Carbonate de sodium	0gr,240	
— potassium	1gr,180	
— calcium	0gr,700	
Silice, alumine, fer	0gr,660	
Azote organique	0gr,090	
— ammoniacal	0gr,008	
— nitrique	0	
Résidu sec		4gr,448

L'usine d'épuration de Grimonpont se trouve à 4 kilomètres de Roubaix et à 700 mètres de la frontière belge. Elle est construite au bord du canal dans lequel se jette l'Espierre et est entourée de vastes terrains d'une superficie de 8 hectares 54 ares.

Cette usine est agencée de telle manière que tous les essais d'épuration chimique peuvent y être tentés. Les eaux y arrivent et reçoivent une quantité de réactif chimique variable suivant leur degré de pollution, puis sont dirigées dans une

série de grands bassins où le précipité obtenu se rassemble. On décante alors les eaux claires qui sont conduites au canal et les boues sont mises à sécher sur les terrains attenant à l'usine ([1]).

Des expériences nombreuses ont été entreprises à Grimonpont ; on peut les diviser en quatre séries principales :

1° Le premier réactif et le plus employé fut la *chaux* dont l'usine est outillée pour produire la quantité nécessaire. L'épuration obtenue avait été jugée suffisante dans les essais faits devant la Commission internationale de 1896. Mais cette épuration est d'un prix élevé ; elle est en outre très imparfaite.

TABLEAU II. — **Précipitation par la chaux.**

Résultats par litres.

	MATIÈRES EN SUSPENSION		RÉSIDU SEC A 100°		PERTE AU ROUGE MATIÈRES ORGANIQUES		RÉSIDU MINÉRAL		MATIÈRES ORGANIQUES EN ACIDE OXALIQUE	
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
De 6 h. du matin à 6 h. du soir. .	2gr,006	0gr,516	5gr,860	2gr,344	2gr,046	0gr,938	1gr,844	1gr,406	1gr,200	1gr,050
De 6 h. du soir à 6 h. du matin. .	1gr,018	0gr,432	3gr,256	1gr,928	1gr,501	0gr,575	1gr,755	1gr,353	1gr,400	1gr,050
Moyenne.	1gr,512	0gr,474	3gr,558	2gr,136	1gr,773	0gr,785	1gr,785	1gr,380	1gr,300	1gr,050

La décantation n'était pas toujours très bonne et, ce qui fut plus grave, on ne parvenait pas à se débarrasser des boues produites par la précipitation. Ces boues sont sans valeur comme engrais, car leur destruction est très lente dans la terre qu'elles colmatent et, de plus, leur dessiccation pour en permettre l'enlèvement était très difficile. Enfin on reprochait à l'effluent une alcalinité propre au développement des microbes de putréfaction. Le tableau II résume les résultats obtenus ([2]).

([1]) Voir la description donnée par M. Devos dans les comptes rendus des travaux du *Congrès international d'hygiène de Paris*, 1889, p. 683.

([2]) Les tableaux II, III et IV nous ont été obligeamment communiqués.

2° En 1894, MM. A. et P. Buisine proposèrent l'emploi du *sulfate ferrique* à 60°. On obtint ainsi une bonne précipitation et des boues qui, sèches, contenaient 30 pour 100 de graisses (dont 60 pour 100 saponifiables). Les analyses de l'effluent des bassins de décantation sont rapportées dans le tableau III.

Tableau III. — **Précipitation par le sulfate ferrique.**

Résultats par litres, eau précipitée.

	MATIÈRES EN SUSPENSION	RÉSIDU SEC	PERTE AU ROUGE	RÉSIDU MINÉRAL	MATIÈRES ORGANIQUES EN ACIDE OXALIQUE
Maximum .	1gr,006	3gr,121	1gr,770	1gr,351	0gr,425
Minimum..	0gr,096	1gr,512	1gr,054	0gr,300	0gr,010
Moyenne. .	0gr,261	1gr,966	1gr,400	0gr,566	0gr,211

Mais l'emploi de ce réactif s'étant généralisé chez les industriels entre deux séries d'expériences, la teneur en graisses saponifiables tombait à 19 pour 100 environ, tout à fait insuffisante.

3° MM. Delattre proposèrent ensuite un procédé basé sur l'emploi de l'*acide sulfurique* étendu, qui déplace les acides gras des savons contenus dans les eaux de peignages et les précipite en même temps que les autres graisses et toutes les matières en suspension.

Les eaux additionnées de réactif étaient abandonnées à la décantation, puis écoulées au cours d'eau. Le dépôt boueux, sans dessiccation préalable, était alors traité dans des appareils spéciaux par la benzine ou un dissolvant analogue. La solution de matières grasses était distillée, la benzine récupérée et il restait comme résidu la graisse brute. La boue dégraissée était facilement passée au filtre-presse et les tourteaux obtenus étaient vendus comme engrais.

Les essais effectués à Grimonpont furent loin de donner les résultats annoncés par les inventeurs et firent ressortir en définitive le prix de l'eau épurée au taux excessif de 0 fr. 07

en 1903, par MM. Gruson et Bienvaux, alors inspecteur et ingénieur des ponts et chaussées.

par mètre cube. Ils furent abandonnés. Les résultats d'épuration sont résumés dans le tableau IV.

Tableau IV. — **Précipitation par l'acide sulfurique.**

Résultats par litres.

	Matières en suspension		Résidu sec à 100°		Perte au rouge matières organiques		Résidu minéral		Matières organiques en acide oxalique	
	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée	Eau brute	Eau épurée
Maximum . . .	$3^{gr},702$	$0^{gr},576$	$5^{gr},706$	$3^{gr},172$	$3^{gr},503$	$1^{gr},508$	$2^{gr},236$	$1^{gr},949$	$1^{gr},750$	$1^{gr},200$
Minimum.. . . .	$0^{gr},504$	$0^{gr},050$	$2^{gr},068$	$1^{gr},456$	$0^{gr},800$	$0^{gr},635$	$1^{gr},268$	$0^{gr},821$	$0^{gr},950$	$0^{gr},100$
Moyenne.	$1^{gr},654$	$0^{gr},226$	$3^{gr},596$	$2^{gr},516$	$1^{gr},816$	$0^{gr},885$	$1^{gr},780$	$1^{gr},631$	$1^{gr},287$	$0^{gr},799$

Expériences de l'Institut Pasteur. — Nous avons fait, nous-mêmes, quelques essais au laboratoire en 1903, pour déterminer les quantités moyennes d'acide sulfurique, de chaux et de sulfate ferrique nécessaires pour obtenir, non pas l'épuration, mais une bonne clarification. Nous avons employé l'acide sulfurique à 53° Bé, la chaux éteinte et le sulfate ferrique du commerce. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau V.

Ces essais portent sur des mélanges d'eaux prélevées d'heure en heure pendant les journées des 15, 16, 17 et 18 mars 1903. Ces jours ont été choisis pour montrer les différences que peut présenter la composition de ces eaux. Le tableau V ne mentionne que les résultats obtenus avec les quantités de réactif ayant donné la meilleure clarification.

Dans toute précipitation chimique, il y a un rapport déterminé entre la matière à précipiter, la quantité de cette matière et la proportion de réactif pour obtenir la meilleure élimination. Ainsi dans la convention proposée par MM. Delattre aux villes de Roubaix et Tourcoing, il était stipulé que la dose d'acide serait de 1 kilogramme par mètre cube d'eau et on voit que nous avons dû dépasser cette dose sauf pour le dimanche où l'eau de l'Espierre ne contenait pas d'eaux de

TABLEAU V.

Résultats en grammes par mètre cube.

		SAMEDI 15	DIMANCHE 16	LUNDI 17	MARDI 18
Eau brute	Matières en suspension	1340	289,5	1694	2047
Épuration par l'acide sulfurique.	Quantités d'acide à 53° B. ajoutées	1417	502	1417	1791
	Acide libre après précipitation, en SO^4H^2	360	80	340	520
	Matières en suspension après 1 heure de repos	138	102	216	218
	Matières grasses obtenues	502	»	615,5	793,5
Épuration par la chaux.	Quantités de chaux éteinte ajoutées	3500	2500	4500	4000
	Matières en suspension après 1 heure de repos	246	84,8	315	561
	Matières grasses obtenues	420	»	505	616
Épuration par le sulfate ferrique.	Quantités de sulfate ferrique ajoutées	1000	600	1100	1200
	Matières grasses obtenues	441	»	812	873

peignage. Avec cette dose convenue nous avons obtenu les résultats suivants :

	15 mars	17 mars	18 mars
Matières en suspension par mètre cube.	182 gr.	269 gr.	287 gr.
— grasses obtenues —	422 gr. 5	559 gr.	583 gr.

Les eaux décantées ne contenaient alors que des traces d'acide libre, tandis que celles mieux clarifiées en contenaient un trop grand excès.

Après le traitement par la chaux, même à la dose optimum, les matières en suspension entraînées sont en trop grande quantité ; de plus, les eaux sont très alcalines.

Par contre, le sulfate ferrique donna d'excellents résultats : l'effluent est neutre et ne contient plus de matières en suspension.

La précipitation par la chaux fournit le moins bon rendement en matières grasses. Il est vrai que les graisses ainsi obtenues sont très peu colorées et semblent, au premier aspect, plus utilisables. Les graisses à l'acide sont vert foncé, celles au sulfate ferrique sont fortement colorées en rouge par les savons de fer.

Nous concluions, à cette époque, que l'on peut obtenir une bonne clarification par l'emploi d'un réactif chimique, tel que le sulfate ferrique, mais que l'épuration proprement dite était loin d'être parfaite.

4° M. Bienvaux, ingénieur chargé du service, reprit les essais à la *chaux*, mais au lait de chaux concentré utilisé jusqu'alors, il substitua un lait extrêmement dilué de façon qu'il ne contienne plus en suspension que des particules très fines de chaux. Il put ainsi diminuer considérablement les quantités de chaux employées et obtenir de meilleurs résultats. Au lieu de 2 à 3 kilogrammes par mètre cube, il montra qu'il suffisait de 400 à 500 grammes de chaux.

Après le départ de M. Bienvaux, son successeur, M. Grimpret, a entrepris, sur la demande de M. Dron, maire de Tourcoing, une série d'expériences à Tourcoing même, par la méthode proposée par M. Bienvaux, mais sur les eaux de peignages seules, non diluées par les eaux pluviales, les eaux ménagères et les autres eaux industrielles. Après quelques tâtonnements, dus à la grande concentration des eaux (12 grammes de résidusec par litre), il obtint un effluent jaune ne contenant que très peu de matières en suspension et toutes les graisses étaient entraînées dans les boues.

L'évacuation des boues est le problème le plus difficile à résoudre. Des essais de calcination faits à l'usine à gaz de Tourcoing donnèrent un gaz plus éclairant que le gaz ordinaire mais d'un prix de revient plus élevé que ce dernier, parce que les sous-produits (coke, goudron, brai, etc.), qui constituent une des principales ressources des usines à gaz, n'existent pas si on emploie ces boues.

Celles-ci, étant très riches en matières organiques compo-

sées en majeure partie de graisses et de savons, sont très combustibles. Des essais effectués avec des gazogènes ont montré que le poids de boues nécessaires pour obtenir un cheval-heure peut être évalué à 1 kilogramme environ. Les cendres peuvent être utilisées, car on y rencontre tous les éléments de la chaux hydraulique.

D'après les dernières expériences sur l'épuration des eaux de peignages traitées dans les conditions indiquées ci-dessus, le prix de revient du mètre cube ne doit pas dépasser, pour l'installation complète, $0^{fr},025$ en comptant l'amortissement du capital de premier établissement en 30 années, évalué à 1 200 000 francs et en négligeant les diverses sources de revenus : gaz pauvre, cendres, etc.

On a proposé enfin une méthode d'épuration plus complète, car si la précipitation par la chaux permet d'obtenir un liquide bien clarifié et d'éliminer les matières grasses, l'eau traitée contient encore une forte quantité de matières organiques putrescibles. Cette méthode consisterait à traiter séparément les eaux de peignages de laine par la chaux, l'effluent de cette première opération serait réuni aux eaux ménagères et aux autres eaux industrielles et épuré par les procédés biologiques artificiels. On ne peut songer à l'irrigation culturale dans une région surpeuplée comme celle qui environne les villes de Roubaix et de Tourcoing.

Cette méthode a été expérimentée à Tourcoing en 1906 où, d'une part, M. Grimpret fut chargé de traiter les eaux de peignages de laines seules comme il a été rapporté plus haut, d'autre part les eaux ménagères et industrielles furent épurées dans une installation établie sur nos indications [1] et analogue à celle de la station expérimentale de la Madeleine. Des deux côtés les résultats obtenus montrèrent que la solution est ainsi possible. Il semble bien probable, en effet, que le mélange de l'effluent des eaux de peignages traitées par la chaux avec les autres eaux usées pourra être épuré facilement par les lits bactériens.

[1] Nous avons donné la description et les plans de cette station dans le IIe volume de ces *Recherches*, page 183, et les résultats IIIe volume, p. 108.

Épuration des eaux résiduaires de Verviers (Belgique).

Le problème de l'épuration des eaux résiduaires de Verviers présente des difficultés tout à fait comparables à celles qu'offre l'épuration des eaux de l'Espierre.

La Vesdre reçoit à Verviers 36 000 mètres cubes d'un mélange d'eaux résiduaires d'usines et de tout-à-l'égout. Les eaux résiduaires industrielles collectées par le canal dit « des Usiniers » représentent à elles seules un débit moyen de 25 000 mètres cubes par jour. Leur composition est assez variable suivant la marche du travail industriel, mais d'après les renseignements qui nous furent fournis en 1901 par M. le Dr Malvoz, de Liége (1), et par MM. Delattre (2), elles renferment environ 512 grammes de matières organiques par mètre cube, et elles forment dans le lit de la Vesdre des masses épaisses de boues grasses que le travail naturel des microbes n'arrive pas à détruire.

Ces eaux proviennent en grande partie des lavoirs à laines, et d'usines de carbonisage.

En 1901, à la demande de M. le gouverneur de la province de Liége, nous avons effectué des expériences pour voir si l'épuration bactérienne, seule ou combinée à la précipitation chimique, était applicable aux eaux de Verviers (3).

Nous avions d'abord posé en principe que l'épuration devait comprendre :

1° La séparation de matières inertes entraînées (sables, pierres, charbon, fragments de métaux) ;

2° La précipitation ou la solubilisation et la dégradation des matières organiques ;

3° La destruction des germes microbiens pathogènes.

(1) E. Malvoz, E. Proost et P. van Pée. Étude chimique et bactériologique des eaux de la Vesdre. *Ann. de la Société médico-chirurgicale de Liége*. juin 1889.

(2) *Étude sur l'épuration des eaux d'égout de la ville de Verviers.* Brochure publiée par la Société d'épuration par les procédés Delattre. — Imp. Le Bigot, 1901.

(3) Dr A. Calmette et E. Rolants. Sur l'application des procédés d'épuration biologique aux eaux résiduaires de Verviers. *Revue d'hygiène*, août 1901.

L'oxydation simple sur lits bactériens aérobies est absolument inapplicable aux eaux chargées de matières grasses.

La fermentation anaérobie en fosses septiques, suivie d'un double passage des eaux effluentes en lits bactériens aérobies, donna des résultats très peu satisfaisants. Les expériences furent faites dans les conditions variées, d'abord avec un jour seulement de fermentation anaérobie dans une fosse septique en pleine activité ; ensuite en prolongeant la fermentation pendant deux fois vingt-quatre heures. L'effluent de la fosse septique était traité successivement par deux passages de deux heures chacun sur des lits de scories. Les eaux du canal des Usiniers s'épurèrent très mal : elles sortaient des lits bactériens dégrossies mais non épurées.

De plus, ces eaux détériorent promptement les lits bactériens, et les scories s'obstruent par suite de l'accumulation de graisses infermentescibles à leur surface.

Nous avons, par comparaison, traité de la même manière les eaux d'égout de Verviers non mélangées avec les eaux du canal des Usiniers. Celles-ci, après vingt-quatre heures de fermentation en fosse septique, et après deux passages en lits bactériens de contact, se sont débarrassées de 85 pour 100 environ de la matière organique et de 50 pour 100 de la matière albuminoïde, qu'elles renfermaient.

En même temps que nous poursuivions ces expériences, MM. Delattre, les inventeurs d'un procédé de traitement des eaux de peignages dont nous avons parlé plus haut, faisaient à Verviers des essais d'application de leur méthode aux eaux de cette ville.

Nous donnons ci-dessous les quantités moyennes de réactifs employés ainsi que les précipités et leur composition.

Mélange précipitant employé par mètre cube	Canal des Usiniers	Égouts	Mélange 2/5 canal 1/5 égout
Sulfate ferrique	550 gr.	360 gr.	480 gr.
Acide sulfurique à 53°.	250 gr.	»	170 gr.
Résidu sec obtenu par la précipitation chimique par mètre cube	1088 gr.	438 gr.	847 gr.
Contenant graisse %	28 gr. 15	8 gr. 74	22 gr.
— azote %	2 gr. 96	2 gr. 26	2 gr. 70

Les analyses de MM. Delattre sur les eaux brutes et précipitées ont donné les résultats suivants :

	EAU DU CANAL DES USINIERS		EAU DES ÉGOUTS	
	BRUTE	PRÉCIPITÉE	BRUTE	PRÉCIPITÉE
	gr.	gr.	gr.	gr.
Extrait à 110° . . . . par litre	0,794	0,998	0,250	0,420
Matière organique.	0,286	0,094	0,109	0,070
Matière minérale	0,508	0,904	0,141	0,350
Matières en suspension totales.	0,362	»	0,528	»
— — organiques.	0,226	»	0,224	»
— — minérales.	0,136	»	0,304	»
— organiques en oxygène.	0,0687	0,0271	»	0,026
Réactif précipitant par m³ :				
Sulfate ferrique	»	681,0	»	340,0
Acide sulfurique à 53°. . . .	»	285,0	»	»

Des échantillons d'eaux précipitées nous furent envoyés par MM. Delattre.

Ces eaux, renfermant encore une proportion assez élevée de matières organiques, étaient putrescibles. Cependant, elles peuvent s'épurer très facilement par passages sur lits bactériens de contact, comme le montrent les résultats moyens que nous avons obtenus.

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE		MATIÈRE ORGANIQUE EN OXYGÈNE — EN SOLUTION		AZOTE AMMONIACAL	AZOTE ALBUMINOÏDE	NITRATES
		acide	alcaline			
Canal des Usiniers.	Eau brute.	39,0	48,0	4,2	1,05	2,0
	Effluent du lit de 1er contact.	7,2	9,0	1,42	0,50	10,5
	— 2e —	5,1	5,2	0,36	0,28	18,0
Égouts.	Eau brute.	24,0	26,0	10,2	1,54	5,5
	Effluent du lit de 1er contact.	5,5	5,3	4,3	0,187	29,0
	— 2e —	1,9	2,9	0,48	0,20	53,0
Mélange 2/3 et 1/3.	Eau brute.	29,0	21,0	5,33	0,07	4,0
	Effluent du lit de 1er contact..	5,6	4,7	2,1	0,25	16,5
	— 2e —	4,3	3,0	0,35	0,21	31,5

Nous avons remarqué aussi à cette époque que la précipitation obtenue par l'addition d'une quantité convenable du réactif proposé, sulfate ferrique ou acide sulfurique, permet *au laboratoire* l'élimination complète des germes. Nous pensons cependant qu'il n'en serait pas tout à fait de même dans la pratique du traitement de grands volumes d'eau, mais il y a lieu de penser que le nombre serait réduit dans des proportions considérables.

En 1904, *M. Schoofs* [1] a repris les essais d'épuration des eaux du canal des Usiniers par les méthodes biologiques, fosse septique et lits bactériens de contact. Il a pendant un mois utilisé ces eaux seules, puis pendant trois mois et demi un mélange de 2/3 de ces eaux et 1/3 d'eau d'égout. La durée de séjour en fosse septique amorcée par des matières fécales a été de 1 à 5 jours, le plus souvent 3 jours. La durée de contact sur les lits bactériens a été de 2 heures.

La teneur en matières grasses et autres, solubles dans l'éther, a varié de $0^{gr},0924$ à $1^{gr},4244$ par litre. Par l'aspect et l'odeur, la fosse septique n'a paru fonctionner qu'au bout du vingt-sixième jour. L'ammoniaque y augmentait, mais, par contre, l'azote albuminoïde diminuait, les matières dissoutes totales diminuaient de même que les matières solubles dans l'éther.

Dans les effluents des lits bactériens, on constatait une diminution de l'oxydabilité, celle des matières grasses a été variable et quelquefois assez importante. Les nitrates n'ont apparu qu'à la fin des essais; la présence de nitrites n'a été constatée pour le lit de premier contact qu'après trois mois et pour le lit de deuxième contact qu'après deux mois; ces derniers étaient plus abondants que les nitrates. L'auteur donne les conclusions suivantes :

1° Si l'épuration biologique des eaux résiduaires de l'industrie de la laine n'a pas fourni une eau absolument limpide et à l'abri de tout reproche, tout au moins nous avons obtenu un produit qui n'était plus susceptible de subir la décomposition putride.

2° Les lits de coke n'ont pas été obstrués par les matières grasses pendant toute la durée de nos essais.

[1] *La Technologie sanitaire*, 15 octobre 1904.

3° Le passage successif par deux lits d'oxydation paraît nécessaire.

Conclusions.

La diversité des méthodes employées pour épurer les eaux résiduaires de peignages de laine montre combien, dans la plupart des circonstances, le problème est difficile à résoudre.

Dans les usines peu importantes, le volume des eaux résiduaires étant relativement faible, l'épuration chimique est suffisante, lorsque l'effluent doit être rejeté dans un égout de ville ou dans une rivière à grand débit. On peut pratiquer la récupération des graisses par un des procédés que nous avons décrits, mais l'effluent doit être ensuite traité par la chaux pour neutraliser l'eau et précipiter une partie des impuretés. Cette dernière précipitation est toujours facilitée et rendue plus efficace par l'addition de sulfate ferrique. Dans d'autres cas, on précipite simplement par un lait de chaux dilué; les boues séchées peuvent être brûlées ou traitées dans un appareil gazogène.

Les grandes usines sont généralement placées au centre des agglomérations enserrées par les habitations de leur nombreux personnel. De plus, elles doivent évacuer chaque jour un volume d'eau considérable : ainsi deux usines de Roubaix produisent jonrnellement, l'une 1650 mètres cubes et l'autre 4200 mètres cubes d'eaux résiduaires. Il est généralement difficile d'installer dans un espace relativement restreint les appareils nécessaires à une épuration réelle, sauf pour le procédé par évaporation qu'il serait très souhaitable de voir se répandre, car il résoudrait le problème de la façon la plus heureuse au point de vue hygiénique.

Nous pensons aussi qu'il sera toujours plus pratique et plus économique d'épurer chimiquement les eaux de peignages de laines avant leur mélange avec les eaux d'égouts de ville, l'épuration de ces dernières devenant une opération relativement simple.

L'épuration chimique, ou plutôt le traitement des eaux résiduaires pour en retirer les produits utiles et marchands,

serait obtenue plus facilement et avec de meilleurs résultats dans une usine centrale avec un personnel spécialisé, dirigé par un ingénieur compétent. A cette usine centrale qu'il conviendrait d'organiser sous la forme coopérative, devraient être reliés par des canalisations à faible section tous les peignages qui seraient ainsi débarrassés du travail de récupération. L'effluent des bassins de précipitation chimique devrait être limpide, neutre ou légèrement alcalin avant d'être mélangé aux eaux d'égout. L'exécution d'un tel projet nécessitera sans doute des frais assez considérables de premier établissement à cause de la longueur des canalisations et des dispositifs de pompage indispensables dans les villes non accidentées comme Roubaix et Tourcoing. Mais son adoption s'imposera nécessairement dans un avenir prochain.

La clarification par voie chimique des eaux de peignages réalisera déjà une amélioration considérable de la salubrité des cours d'eau, et suffira sans doute à mettre fin aux réclamations incontestablement justifiées du gouvernement belge en ce qui concerne l'Espierre, et à celles des propriétaires riverains de la Vesdre et de l'Ourthe en aval de Verviers.

CHAPITRE XVII

ÉPURATION DES EAUX RÉSIDUAIRES INDUSTRIELLES

Épuration des eaux résiduaires de raffineries de pétrole (¹). — Une enquête a été faite en Galicie par le gouvernement au sujet de l'épuration des eaux résiduaires des raffineries de pétrole. Dans le district de Drohobyer, on a constaté que 22 raffineries de pétrole évacuaient leurs eaux dans le fleuve Tysmienica, sans aucune épuration, et causaient ainsi de graves dégâts dans les champs et les prairies situées en aval. Cette situation avait entraîné de nombreux procès. Pour y mettre fin, on a obligé les industriels raffineurs à remettre un projet donnant la description exacte des dispositifs d'épuration des eaux résiduaires, basés sur la quantité de pétrole brut travaillé par jour, la quantité journalière d'eau à utiliser et les quantités d'eaux résiduaires acides et d'eaux de lessivages produites par jour. Les bassins de clarification doivent être construits en matériaux étanches (ciment, béton, murs en briques, etc.)

Les eaux résiduaires doivent être divisées en deux parties. La première comprend les eaux de refroidissement, de condensation, et les eaux qui se séparent par distillation du pétrole brut. Ces eaux, peu contaminées, sont conduites par des canaux couverts dans au moins deux ou plusieurs bassins placés au point le plus bas de la fabrique. Ces bassins doivent contenir la quantité journalière de ces eaux, augmentée du volume correspondant à une pluie de 40 à 50 millimètres.

(¹) D'après Wielezynski. *Petroleum*, 1910, 5ᵉ année, p. 1237 et *Wasser und Abwässer* T. III, p. 535.

les eaux de pluie venant se joindre à ce premier groupe d'eaux résiduaires. Il est nécessaire de prévoir des dispositifs de filtration sur chiffons de laine pour retenir le pétrole : ces filtres doivent de temps à autre être remplacés et nettoyés. Après ce traitement, les eaux du premier groupe peuvent être évacuées dans les rivières ou servir de nouveau à la fabrication. Une petite raffinerie (moins de 2000 wagons de pétrole brut par an, ne faisant que la benzine et le pétrole) utilise par jour 0,5 à 0,6 mètre cube d'eau par 100 kilogs d'huile brute, dont 25 pour 100 pour le raffinage et 75 pour 100 pour le refroidissement et la condensation. Les raffineries moyennes (2000 à 4000 wagons avec fabrication de tous les dérivés du pétrole) utilisent 2 à 3 mètres cubes d'eau par jour et par 100 kilogs d'huile brute. Des grosses raffineries (plus de 4000 wagons) utilisent 1,5 à 2 mètres cubes d'eau par 100 kilogs, dont 24 pour 100 pour l'alimentation des chaudières, 18 pour 100 pour le raffinage du pétrole, 7 pour 100 pour le raffinage des huiles et 51 pour 100 pour le refroidissement et la condensation. Pendant le travail, on perd environ 15 pour 100 de ces dernières eaux. Ces chiffres peuvent servir de points de repère pour le calcul de la dimension des bassins pour les eaux du premier groupe.

Les eaux résiduaires du second groupe sont les eaux de raffinage qui renferment beaucoup de substances nuisibles et notamment : 1° des acides provenant *a*) du raffinage du pétrole et de la benzine, *b*) du raffinage des huiles, *c*) du traitement de la paraffine; 2° des eaux acides provenant du lavage du pétrole, de la benzine et des autres huiles légères; 3° des lessives carbonatées sodiques, du lavage des fûts et de tous les produits.

1° Les acides doivent être réunis, quand ils sont assez fluides, dans des bassins en fonte, ouverts; on les dilue à 50 et 55 degrés Baumé avec de l'eau et on les abandonne au repos jusqu'à ce que la masse goudronneuse se rassemble à la surface. Ce goudron peut être utilisé comme combustible, en mélange avec de la sciure de bois ou de la poudre de charbon, ou servir à la préparation de l'asphalte; les acides dilués sont achetés par les fabriques d'engrais. Il est recommandable de prévoir une évacuation de goudrons et des acides

dans des monte-jus, afin de pouvoir les envoyer au moyen de l'air comprimé dans leurs réservoirs spéciaux. Si les acides ne sont pas assez fluides et forment un goudron épais, on peut les mélanger directement avec de la chaux, des cendres de charbon, du charbon en poudre, de la sciure de bois ou de la tourbe et les brûler.

Quand les acides dilués qui restent après la séparation du goudron ne peuvent pas être vendus ou utilisés, on doit s'en servir en partie pour la neutralisation des lessives carbonatées sodiques dont nous avons parlé plus haut. Ce qui reste doit être envoyé par un tuyau bien étanche dans deux bassins en fer ou en bois recouvert de plomb ou dans deux réservoirs en ciment, placés sous terre. On y neutralise les acides par une quantité suffisante de chaux ou de lait de chaux; on enlève les goudrons qui se séparent, et le liquide est envoyé à la clarification. Les dispositifs de clarification de ce liquide consistent en deux séries de chambres en enfilade : l'eau y arrive au niveau du sol; l'écoulement se fait au contraire à hauteur du niveau du liquide. Les deux séries doivent pouvoir fonctionner simultanément ou isolément. La séparation des huiles minérales et des matières en suspension s'effectue dans ces chambres. Dans les dernières, on dispose un filtre de coke et de tourbe maintenue par les tamis; l'eau traverse ce filtre de bas en haut. La dernière chambre porte encore un filtre de tourbe ou mieux de chiffons de laine, pour retenir les dernières traces d'huile. Le nettoyage de ces chambres et de ces filtres doit avoir lieu de temps à autre. Les eaux purifiées se réunissent dans un bassin commun où elles se mélangent à toutes les autres eaux épurées de la fabrique et notamment à celles du premier groupe. Ce bassin doit être précédé d'une fosse à boues, et il doit être muni près de l'orifice de sortie d'un séparateur destiné à retenir les dernières traces d'huile. La contenance totale de toutes ces chambres et bassins doit représenter, pour les moyennes et les grandes raffineries, 4 à 6 fois le volume résiduel à traiter par jour. Les eaux acides peuvent ainsi rester 4 à 6 jours dans les dispositifs d'épuration et se dépouiller de tous produits nuisibles. Dans tous les cas l'écoulement d'eau épurée qui sort des appareils de clarification ne doit pas dépasser un litre à la seconde.

2° et 3°. Les eaux de lavage acides ou carbonatées sodiques doivent être réunies dans deux bassins au moins, placés sous terre, dans lesquels arrive un tuyau de vapeur pour mélanger la masse et la chauffer. Il est bon de placer ces bassins dans le voisinage des autres dispositifs d'épuration. Si les eaux de lavages acides ne sont pas en quantité suffisante pour neutraliser les eaux carbonatées sodiques et décomposer les savons de pétrole qu'elles contiennent, on y ajoute, comme nous l'avons vu plus haut, les acides de raffinage dilués et recueillis après séparation du goudron, de manière à avoir finalement une réaction nettement acide. On fait alors bouillir jusqu'à ce que la masse savonneuse soit complètement décomposée et l'émulsion claire. On décante la couche superficielle d'huile et on fait couler l'eau encore un peu acide dans les chambres de clarification que nous avons décrites plus haut. Dans les grandes raffineries, il peut être utile de faire une installation spéciale pour les eaux acides et une autre installation pour les eaux carbonatées sodiques : dans ce cas, la deuxième installation doit comprendre également 2 à 3 chambres munies de filtres en pierre calcaire poreuse, où s'effectue la neutralisation complète : on peut également ajouter un peu de lait de chaux. Là encore, la vitesse d'écoulement de l'eau épurée ne doit pas dépasser un litre à la seconde.

Le degré d'épuration des eaux doit être le suivant : l'eau ne doit présenter aucune trace visible d'huile minérale, être parfaitement claire, donner une réaction légèrement alcaline au papier tournesol et ne pas contenir plus d'un demi-gramme par litre de matières minérales dissoutes et en suspension (ce dernier chiffre semble trop bas).

Les boues extraites des bassins doivent être mises à l'abri des pluies qui pourraient entraîner des substances nuisibles.

Les raffineries de pétrole peuvent employer d'autres dispositifs d'épuration que ceux qui précèdent, à condition de soumettre leur projet à l'approbation de l'administration publique.

Épuration des eaux résiduaires de laiterie par l'épandage [1]. — D'après une enquête faite auprès de propriétaires de laiteries, l'épandage serait une excellente méthode d'épuration

[1] D'après le *Molkereizeitung*, *Hildesheim*, 1910, nos 9 et 11.

des eaux résiduaires de cette industrie. Les sols légers, sablonneux, sont les meilleurs; une décantation préalable dans des bassins de maçonnerie donne ordinairement de bons résultats en diminuant les mauvaises odeurs de l'épandage. Il est bon de munir les orifices de déversement des bassins de grillages destinés à retenir les matières flottantes. Le terrain d'épandage doit être très grand et bien préparé. Pour éviter les mauvaises odeurs, on peut, deux ou trois fois par semaine, additionner l'eau de quelques kilogrammes de chlorure de chaux, ou bien ajouter un peu de chaux dans les bassins de décantation. Sur les prairies d'épandage croissent de l'herbe, du trèfle, et aussi des arbres.

Épuration des eaux résiduaires des mines [1]. — L'examen des procédés employés en Westphalie pour l'épuration des eaux résiduaires des mines (eaux de lavage de charbon et de coke) montre qu'il n'est pas rationnel d'épurer ces eaux en mélange avec les eaux ménagères des colonies de mineurs, car on se trouve conduit à adopter, pour les bassins de décantation, des dimensions très considérables.

Il est indispensable de séparer complètement ces eaux résiduaires de mines des autres eaux résiduaires putrescibles. Pour le traitement spécial des eaux de mines (eaux de lavage de charbon et de coke), Köhne recommande l'emploi du système Imhoff Lagemann, qui a pour objet la séparation des fines particules de charbon en suspension dans l'eau. Les eaux sont envoyées dans des bassins de décantation dont le fond est muni d'un drainage. Les tuyaux de ce drainage s'ouvrent en dehors des bassins et restent fermés pendant la période de sédimentation; on les ouvre seulement pour la dessiccation de la boue (brevet Imhoff Lagemann). La boue fine ainsi séparée dans les bassins de décantation peut ainsi, d'après Muller, être traitée sur des lits spéciaux en scories, munis d'un drainage inférieur, sur lesquels les boues se dessèchent. On peut utiliser avec avantage l'air comprimé pour envoyer les boues sur ces lits.

(1) D'après Köhne, *Glückauf*, 1909, p. 1907-1915 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 347, et d'après Muller, *Glückauf*, 1910, p. 1571 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 348.

Pour les eaux résiduaires qui proviennent de la fabrication de l'ammoniaque (5000 mètres cubes par 100 tonnes d'ammoniaque produite), Köhne préconise la clarification dans des bassins spéciaux, où se déposent les boues calciques et le traitement ultérieur de l'effluent décanté, en mélange avec les eaux résiduaires ménagères.

Épuration des eaux résiduaires des fabriques de cellulose ([1]). — Les fabriques allemandes de cellulose ont produit en 1908, 545 015 tonnes de cette substance, et le rapide développement de cette industrie a eu pour conséquence une forte contamination des cours d'eau par les eaux résiduaires de ces usines. La fabrication se fait par cuisson du bois à haute température et sous pression avec une solution aqueuse de bisulfite de chaux; elle produit, comme eaux résiduaires, principalement les lessives de cuisson et les eaux de lavage de la cellulose. Ces lessives, ainsi que les premières eaux de lavage sont très riches en matières organiques, car elles en renferment 75 à 90 grammes par litre. Dans la plupart des fabriques on leur fait subir une épuration qui consiste à retenir les dépôts dans des bassins de décantation, après récupération partielle de l'acide sulfureux, puis à refroidir les lessives, à les neutraliser par la chaux et à les envoyer dans des bassins de précipitation. Cette méthode n'élimine pas les matières organiques dissoutes, dont la présence occasionne ultérieurement de graves contaminations des cours d'eau. Leur déversement détermine d'abondants développements d'algues qui envahissent entièrement les petits ruisseaux et sont même très appréciables dans les grands fleuves tels que le Mein, le Rhin et l'Elbe. Ces végétations aquatiques se décomposent bientôt et les phénomènes de putréfaction peuvent anéantir toute la flore et toute la faune des eaux dans le voisiuage. On peut rendre cet inconvénient moins grave en évacuant ces eaux en plein courant, au milieu du fleuve; mais des expériences sont encore nécessaires pour reconnaître si ces eaux très diluées n'ont pas encore une action nuisible.

L'épuration biologique est impossible avec ces eaux, même

([1]) D'après Pritzkow, *Vierteljahrsschr. f. Gerichtl. Medizin u. öff Sanitätswesen, dritte Folge*, XL, 1910, p. 145 et *Wasser und Abwässer*, t. III, p. 549.

sous forte dilution; peut-être des expériences entreprises sur l'épuration biologique de ces eaux mélangées avec des substances très aisément putrescibles conduiraient-elles à des résultats satisfaisants. D'autres méthodes de traitement ont été expérimentées, principalement dans le but d'utiliser les matières que renferment ces eaux résiduaires : récupération du soufre, utilisation des matières organiques comme combustible, préparation de tourteaux après élimination des matières nuisibles et notamment des sulfites, emploi comme engrais en mélange avec des scories de déphosphoration, utilisation pour abattre la poussière des rues, fabrication d'alcool au moyen des sucres que renferment ces eaux (méthode déjà réalisée en Suède), préparation de matières colorantes, etc. Toutes ces méthodes ont encore besoin d'être étudiées avant de pouvoir entrer dans la pratique courante.

Épuration des eaux résiduaires de sucrerie (Fabrique d'Obodowka-Podolie) (1). — Les eaux résiduaires de la fabrique de sucre sont épurées par épandage sur les champs d'irrigation qui fonctionnent déjà depuis trois ans à la plus grande satisfaction.

La fabrique transforme environ 50 000 000 kilogrammes de betteraves pendant une campagne, ou 550 000 kilogrammes par jour.

La surface des champs d'épandage est de 10 hectares environ divisés en quatre sections de deux hectares et demi chacune. Ces champs se trouvent éloignés de la fabrique de deux kilomètres et sont situés 37 mètres au-dessus du terrain de la fabrique.

Les eaux résiduaires sont portées sur les champs au moyen de pompes. A part les eaux de lavage des betteraves, toutes les autres eaux de la fabrique sont épurées et répandues sur les champs comme celle des diffuseurs des fosses, de pulpes, de lavage de CO^2, des filtres-presses, des W.-C., du lavage de la fabrique, etc., les eaux de lavage des betteraves sont introduites comme étant inoffensives dans des bassins de décantation situés près de l'usine où la terre et les autres mal-

(1) Douzinski. *Union des Services municipaux techniques et des travaux publiés*. Déc. 1910, p. 13.

propretés mécaniques se déposent. Ces eaux passent ensuite par des filtres de pierre à chaux, de coke et de sable et s'écoulent dans une rivière.

Toutes les autres eaux résiduaires mélangées avec la boue des filtres-presses (qui représentent 11,5 pour 100 du poids des betteraves) par des mélangeurs spéciaux se trouvant à côté des pompes, sont portées par des pompes dans les bassins de décantation du champ d'irrigation installés sur le point le plus élevé de ce champ. On compte trois bassins de décantation, dont les dimensions sont de $60 \times 30 \times 4$ mètres.

Ces bassins sont en partie creusés dans le sol et en partie on a surélevé leurs bords à cause des conditions locales (les champs d'irrigation ont une légère pente).

Les bassins sont remplis d'eaux résiduaires successivement; d'abord le 1, ensuite le 2 et finalement le 3. Au fur et mesure du remplissage des bassins de décantation et après que la boue s'est déposée, les eaux résiduaires épurées se déversent au moyen des bras flottants (vannes à flotteurs) dans le canal principal d'où l'eau se répand par son trop-plein sur les champs d'irrigation.

Les dimensions du mélangeur pour mélanger la boue avec les eaux résiduaires, qui sert en même temps de réservoir pour la pompe, sont : 3 m. $\times$ 2^{m},3. L'agitateur tourne vingt fois à la minute avec une force de 3/446. La pompe qui se trouve dans la fabrique même est à double effet et dans une position horizontale.

Comme la boue arrive avec les eaux résiduaires dans les bassins de décantation, ces bassins doivent être nettoyés en été après la campagne. Cette boue des bassins est enlevée et transportée sur les champs de betteraves comme engrais. Si la boue est bien séchée par le soleil, elle tombe en poussière et peut être répandue sur les champs comme engrais au moyen des machines à ensemencer. L'installation a été exécutée d'après les plans du directeur de la fabrique, Mathieu Ciechomsky.

L'installation comporte donc schématiquement :

Un canal collecteur de refoulement des eaux de la pompe dans les bassins de décantation;

3 bassins de décantation;

Un canal principal qui conduit les eaux dans les quatre sections de filtration ;

Des canalisations mettant en communication ces trois bassins ;

Trois bras flottants (ou sortes de vannes à flotteur).

En dehors du pompage, toute l'installation fonctionne automatiquement et donne des résultats très satisfaisants.

CHAPITRE XVIII

CONTROLE DE L'ÉPURATION

Détermination de l'oxydabilité des eaux d'égout et des effluents épurés.

La détermination de l'oxydabilité est la méthode généralement employée pour évaluer approximativement la quantité de matière organique que contient une eau d'égout. Nous avons déjà exposé toutes les réserves qu'il faut faire dans l'interprétation des résultats ainsi obtenus ([1]).

M. Bonjean a proposé, pour arriver au même but, de déterminer le *pouvoir réducteur* et *fixateur* qui, selon lui, présente la plus grande importance au point de vue des nuisances que les eaux d'égout peuvent entraîner dans les cours d'eau (asphyxie des poissons et des végétaux, odeurs, etc.). Pour cela il emploie l'action exercée par l'iode sur les substances réductrices et organiques globales contenues dans les eaux.

En présence de certaines matières organiques telles que les matières albuminoïdes, les peptones, les graisses, les huiles, les tanins, etc., l'iode forme des combinaisons soit par juxtaposition, soit par substitution, dans lesquelles il est impossible de déceler directement sa présence. Ces matières organiques fixent ainsi des quantités d'iode variables avec la nature même de la substance et avec la température. C'est ainsi que les matières albuminoïdes fixent plus d'iode que les substances gélatineuses et que les quantités d'iode fixé sur les matières albuminoïdes sont plus élevées à chaud qu'à froid.

D'autre part, l'iode, en sa qualité d'oxydant, réagit en pré-

([1]) E. Rolants. *Analyse des eaux d'égout*, Masson et Cie, 1908, p. 51.

sence de l'eau sur les produits réduits tels que l'hydrogène sulfuré, l'acide sulfureux, les sulfites, les sulfures et les sulfhydrates, l'ammoniaque, les amines, etc., en fixant l'hydrogène.

Or, tous ces produits existent dans les matières qui se déversent dans les eaux d'égouts : urines, matières fécales, substances grasses, gélatineuses, lait, etc., ou prennent naissance au cours du processus de la putréfaction et de la régression des matières organiques.

L'iode, comme le permanganate de potassium, réagit sur un certain nombre de substances à l'exclusion d'autres.

M. Bonjean donne la technique suivante [1] :

« 100 centimètres cubes de l'eau résiduaire à analyser sont additionnés de 10 centimètres cubes de solution d'iode dans l'iodure de potassium à 1 gramme d'iode par litre.

« Après dix minutes de contact à la température atmosphérique, on verse 10 centimètres cubes d'une solution d'hyposulfite de soude correspondant exactement volume à volume à la liqueur d'iode (environ $2^{gr},100$ d'hyposulfite cristallisée par litre) ; on ajoute 1 centimètre cube d'une solution d'amidon soluble à 2 pour 100 et on évalue la quantité d'iode absorbé avec la solution titrée d'iode, jusqu'à virage bleu ou violacé.

« Le nombre des dixièmes de centimètre cube de solution d'iode employés pour obtenir le virage représente en milligrammes la quantité d'iode absorbé par un litre de l'eau résiduaire.

« Lorsque les eaux résiduaires sont alcalines, il est nécessaire de les neutraliser, ce qui s'effectue très facilement après la détermination alcalimétrique : les solutions alcalines absorbent en effet de l'iode, mais, dans les proportions d'alcalinité des eaux résiduaires des agglomérations, la quantité d'iode absorbé par les carbonates alcalino-terreux est très faible.

« Les eaux pures qui possèdent une alcalinité de 300 milligrammes en carbonates alcalino-terreux, ce qui est le cas général des eaux calcaires, absorbent 2 milligrammes d'iode par litre. »

[1] M. Bonjean avait donné auparavant une technique un peu différente que nous avions essayée en 1908. Voir ces *Recherches*, 4e volume, p. 119.

Cette détermination, qui peut être facilement effectuée sur place, donne, d'après M. Bonjean, une indication immédiate sur certaines matières organiques et principalement sur les corps essentiellement et immédiatement réducteurs, lesquels sont particulièrement nocifs pour les poissons.

Nous avons déterminé, pendant six semaines consécutives, l'oxygène absorbé en 4 heures et le pouvoir réducteur (indice d'iode Bonjean) tant sur les eaux brutes et les effluents des fosses septiques que sur les effluents des lits bactériens de la station de La Madeleine. Les moyennes par semaine sont données dans le tableau ci-contre; elles ont été reportées en

Moyennes par semaine.

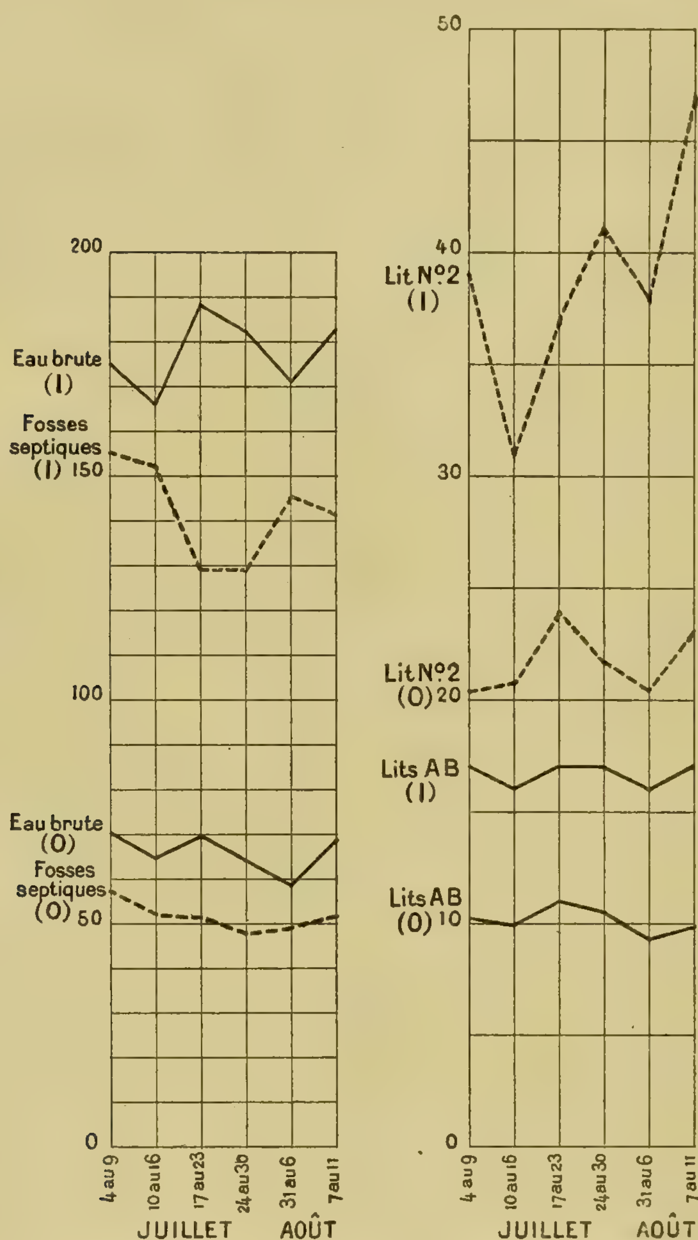
Résultats en milligrammes par litre.

	Du 4 au 9 juillet	Du 10 au 16 juillet	Du 17 au 23 juillet	Du 24 au 30 juillet	Du 31 juillet au 6 août	Du 7 au 11 août
Oxygène absorbé en 4 heures.						
Eau brute	69,9	64,6	69,3	63,9	58.5	68,0
Fosses septiques	56,6	51,7	51,3	47,7	48,9	51,1
Lits bactériens A et B	10,2	9,9	10,9	10,4	9,3	9,8
— Nº 1	17,1	15,8	15,9	14,7	12,8	13,4
— Nº 2	20,3	20,7	23,8	21,7	20,4	23,1
— Nº 6	15,9	13,8	15.5	13,4	11,5	11,6
Indice d'iode (Bonjean).						
Eau brute	175	166	188	182	171	183
Fosses septiques	155	152	129	129	145	141
Lits bactériens A et B	17	16	17	17	16	17
— Nº 1	29	24	21	23	19	19
— Nº 2	39	31	37	41	38	47
— Nº 6	26	19	22	22	18	20

partie dans les courbes permettant plus facilement la comparaison. Nous avons limité ces courbes aux résultats concernant les eaux brutes, l'effluent des fosses septiques, l'effluent des lits bactériens A et B le mieux épuré et l'effluent du lit bactérien nº 2 le moins épuré.

La comparaison peut être faite de deux manières : d'abord

ce qui frappe en premier à l'observation des courbes, ce sont les variations et leur amplitude. Pour l'eau brute et l'effluent des lits A et B, l'allure générale des courbes est sensiblement



Graphique n° 14. — Comparaison des résultats des déterminations de l'oxygène absorbé en 4 heures (O) et de l'indice d'iode (I).

la même, les variations ne sont pas toujours aussi importantes mais elles sont dans le même sens. Il n'en est pas de même pour l'effluent des fosses septiques et celui du lit n° 2 :

les variations de l'indice d'iode sont beaucoup plus grandes que celles de l'oxygène absorbé en 4 heures et à des augmentation pour l'un peuvent correspondre des diminutions pour l'autre. Il semble bien que les deux réactifs employés, iode et permanganate de potassium n'agissent pas sur les mêmes corps ou avec la même intensité.

Si maintenant nous calculons le rapport existant entre les résultats moyens de la durée d'expérience trouvés pour l'oxygène absorbé et l'indice d'iode, nous obtenons les rapports $\frac{I}{O}$ suivants :

Eau brute	2,7
Effluent des fosses septiques	2,7
— des lits A et B	1,7
— du lit nº 2	1,8

Nous voyons donc apparaître une nouvelle donnée, et partant de ce fait que dans l'eau pure les résultats qu'on obtiendrait par les deux méthodes seraient très voisins, ou presque nuls, on peut avancer que, meilleure est l'épuration, plus bas sera le rapport entre l'oxygène absorbé en 4 heures et l'indice d'iode. Comme ces deux déterminations sont très simples et faciles, nous allons les introduire dans nos analyses journalières et nous pourrons étudier, sur une période de longue durée, si cette donnée se vérifie, ce qui permettrait probablement d'avoir une opinion très rapide sur le fonctionnement d'une station d'épuration d'eaux d'égout.

Le contrôle bactériologique de l'épuration des eaux d'égout (1).

Dans un travail lu à l'Illinois Water Supply Association, Loederer et Frank Bachmann ont étudié quelles indications peuvent donner les analyses bactériologiques dans les différentes phases de l'épuration des eaux d'égout. Il faut d'abord avouer que sur ce sujet, la bactériologie est encore peu avancée : il y a encore beaucoup à apprendre concernant les phé-

(1) *Engineering Record*, 22 juillet 1911, p. 89.

nomènes dus à la vie des infiniment petits dans les eaux d'égout, et ceux qui résultent de la pullulation de quelques organismes plus élevés dans les filtres. La bactériologie est aujourd'hui utile à ce sujet, principalement lorsqu'on doit désinfecter les effluents ou seulement les amener à un haut degré de pureté. En d'autres termes, c'est lorsque l'épuration des eaux d'égout se rapproche de la purification des eaux de consommation que les méthodes bactériologiques sont importantes. L'importance indiscutable du contrôle bactériologique, pour la purification de l'eau potable qui consiste principalement à éliminer les germes de maladies infectieuses, peut difficilement être exagérée ; cependant le point essentiel sur lequel insistent les hygiénistes produit inévitablement une opinion incorrecte de son utilité dans le cas de l'épuration des eaux d'égout, dans les conditions présentes.

Dans la plupart des cas, on recherche dans l'épuration des eaux d'égout la réduction ou l'élimination des matières putrescibles de l'eau brute pour que l'effluent ne puisse causer aucune nuisance. Il n'est pas question de les transformer en eaux potables, et pour vérifier l'opération, l'analyse chimique apporte plus de renseignements que l'analyse bactériologique. Lorsque le résultat chimique est seul désiré, comme dans ce cas, il est particulièrement intéressant de voir si les méthodes bactériologiques utiles pour le contrôle de la purification de l'eau, ne causent pas une perte de temps, sur laquelle MM. Loederer et Bachmann insistent en prenant une station type comprenant des chambres à grilles, des bassins de décantation, des filtres à percolation à gros matériaux et des bassins de sédimentation de l'effluent. En aucun point la destruction des bactéries n'est obtenue, quoique l'effluent final montre beaucoup moins de germes que l'eau brute. La retenue des bactéries est en fait simplement accessoire et due principalement à l'entraînement par les matières en suspension. Dans les fosses septiques il y a d'abord accroissement des germes, suivi d'une diminution lorsque l'action septique se produit, de sorte qu'il est ridicule évidemment d'appuyer un jugement sur l'efficacité de la fosse par la numération des germes. La numération dans l'effluent des bassins de sédimentation est de plus de valeur, quoique

les déterminations chimiques de la destruction de l'azote organique et des matières carbonées soient de première importance.

En dehors de ce fait que les résultats chimiques sont plus désirés que les résultats bactériologiques dans les stations d'épuration des eaux d'égout, les auteurs montrent les défauts des méthodes de recherches des germes microbiens. Il est impossible, sans une grande dépense, d'analyser bactériologiquement un assez grand nombre d'échantillons pour montrer l'efficacité d'un traitement, tandis que le prélèvement d'échantillons pour des analyses chimiques comparables est beaucoup plus simple.

Les difficultés rencontrées sont très nombreuses. On doit comparer le nombre de germes contenus dans les différents effluents avec celui de l'eau brute. On prendra au moins 3 échantillons de cette dernière et 3 échantillons à chaque partie de la station, aux heures plus avancées, pour montrer les changements qui s'opèrent. Ces échantillons seront prélevés avec une attention sérieuse des détails apparemment peu importants. Il est extrêmement difficile, en fait pratiquement impossible, de faire ce travail comme il devrait l'être, ce qui est une source d'incertitudes sur la signification des résultats obtenus.

Les échantillons prélevés la nuit sont gardés dans une glacière; de même pendant le jour, ils ne sont mis en plaque qu'après un certain temps. Les auteurs montrent par des exemples que ces pratiques faussent les résultats. Dans un cas le séjour des échantillons au laboratoire a fait accroître le nombre des germes de 85 000 à 105 000 en 2 heures et 550 000 en 24 heures, tandis que le séjour dans la glacière a réduit le nombre de 125 000 à 55 000 en 2 heures et à 10 000 en 24 heures. L'effluent d'un filtre à percolation gardé au laboratoire a montré un nombre de germes croissant de 20 500 à 31 000 en 2 heures et à 52 000 en 24 heures. A la glacière, le nombre a diminué de 22 000 à 18 000 en 2 heures et à 9 000 en 24 heures. Ces changements, qui sont typiques et non extraordinaires, montrent combien les numérations sont difficiles à établir sérieusement.

Un autre point sérieux mis en lumière par les auteurs est

la variation constante dans des périodes brèves du nombre des bactéries des eaux d'égout. Les bactéries se trouvent principalement dans les grosses particules en suspension et il est pratiquement impossible de répartir uniformément ces matières dans l'eau et de les garder ainsi. Un grand nombre d'expériences a montré qu'il est impossible de faire une numération comparable de germes même à des intervalles très courts comme de minute en minute. Une eau d'égout contient 70 000 germes à un certain moment, 120 000 la minute suivante, 170 000 quatre minutes et 85 000 six minutes plus tard. Les mêmes variations se rencontrent à toutes les phases de l'épuration. Par exemple les numérations faites sur des échantillons d'effluent de filtre à percolation prélevées de minute en minute ont donné : 16 500, 13 500, 18 500, 13 500, 13 500, 9 000, 9 000, 12 000, 12 000 et 12 500.

Devant de telles variations diminuant l'exactitude du travail bactériologique, les auteurs protestent, comme bactériologistes, contre l'importance donnée aux numérations de germes pour juger du travail effectué dans une station d'épuration d'eaux d'égout.

Détermination d'un coefficient de sécurité dans le fonctionnement pratique des installations d'épuration d'eaux d'égout [1].

Il est particulièrement utile de pouvoir apprécier suivant des règles précises la valeur de différents projets présentés pour une installation d'épuration d'eaux résiduaires, et de ne pas se borner à l'examen du côté financier de la question. Il est d'ailleurs difficile de comparer entre eux des projets qui ont été établis pour des installations différentes, dans lesquelles les conditions locales de construction et d'épuration peuvent varier beaucoup.

A. Kajet propose une méthode d'appréciation assez ingénieuse et qui peut rendre des services dans l'examen de la

[1] D'après *A. Kajet*, *Gesundheits Ingenieur*, 34e année, 1911, n° 7, p. 122.

comparaison des divers projets. Il envisage cinq coefficients différents, qui interviennent dans la valeur pratique d'une installation d'épuration d'eaux résiduaires et dont la somme constitue le coefficient de sécurité pratique de l'installation.

1° La valeur pratique E d'une installation est proportionnelle au volume utile par mètre cube d'eau à traiter par jour. Si J est le volume total utile prévu pour l'installation, A la quantité journalière d'eau à traiter, on a

$$E \text{ proportionnel à } \frac{J}{A}$$

2° La valeur pratique d'une installation est également proportionnelle au volume de matériaux de lits bactériens employé par mètre cube d'eau à traiter par jour. Si O est le volume total des lits bactériens on a donc :

$$E \text{ proportionnel à } \frac{O}{A}$$

3° La valeur pratique d'une installation, sous le rapport de la marche du travail, croît avec la partie du volume de l'installation qui est susceptible d'être séparée des autres parties. Si J_1 représente le volume susceptible d'être séparé des autres parties lors du fonctionnement et J le volume total utile, on a

$$E \text{ proportionnel à } \frac{J_1}{J}$$

Dans le cas le plus favorable ce chiffre $\frac{J_1}{J}$ est égal à 1.

4° La valeur pratique d'une installation, sous le rapport des lits bactériens, dépend de la hauteur de l'espace réservé à l'aération au-dessus du fond et de la partie du pourtour qui est accessible à l'action directe de l'eau. Si h_1 est la hauteur de l'espace réservé à l'aération au-dessus du fond et h la hauteur totale du lit, u_1 la partie du périmètre accessible à l'action de l'eau et u le périmètre total du lit, on a

$$E \text{ proportionnel à } \frac{h_1}{h} + \frac{u_1}{u}$$

5° La valeur pratique d'une installation croît avec le volume réservé pour les boues. On peut compter que ce

volume représente environ le quart de celui d'une fosse septique. Si S est le volume réservé pour les boues et A la quantité d'eau à traiter par jour, on a

$$E \text{ proportionnel à } \frac{S}{A}$$

La somme de ces cinq valeurs

$$\frac{J}{A},\quad \frac{O}{A},\quad \frac{J_1}{J},\quad \frac{h_1}{h}+\frac{u_1}{u},\quad \frac{S}{A}$$

donne un chiffre qui représente la valeur pratique qu'on peut attendre de l'installation projetée. Ce chiffre peut être rapporté au prix demandé et on peut ainsi juger si une installation coûteuse n'est pas plus avantageuse sous le rapport de la valeur pratique et du fonctionnement ultérieur qu'une installation bon marché, ou si inversement il n'est pas plus avantageux de recourir à une installation moins coûteuse.

Voici deux exemples qui indiquent comment ces calculs doivent se faire. Il s'agit de deux projets présentés pour une épuration de 70 mètres cubes par jour.

Projet n° 1. Devis : 17 500 francs.

2 fosses septiques pouvant être isolées l'une de l'autre, à 50 mètres cubes.	100 mc.
1 fosse à sable ne pouvant pas être isolée.	5 mc.
1 lit bactérien en deux parties pouvant être isolées.	90 mc.
Volume total utile J.	195 mc.
Volume J_1 des parties pouvant être isolées.. . . .	190 mc.
Hauteur h_1 de l'espace d'aération au-dessus du fond du lit bactérien	$0^m,20$
Hauteur totale h du lit bactérien..	$1^m,60$
Périphérie u du lit bactérien.	26^m
Partie accessible u_1 pour le nettoyage du fond. .	$8^m,50$
Volume S prévu pour les boues $\frac{100}{4} = 25$ mc.	

Calcul du coefficient de sécurité représentant la valeur pratique de l'installation :

$$E = \frac{A}{J} + \frac{O}{A} + \frac{J_1}{J} + \frac{h_1}{h} + \frac{u_1}{u} + \frac{S}{A} = \frac{195}{70} + \frac{90}{70} + \frac{190}{195} + \frac{0,20}{1,60} + \frac{8,5}{26} + \frac{25}{70}$$

D'où :

$$E = 2,786 + 1,267 + 0,974 + 0,452 + 0,357 = 5,836.$$

Projet n° 2. Devis : 14 000 francs.

2 bassins de décantation, pouvant être isolés à 30 mètres cubes.	60 mc.
1 fosse à sables, ne pouvant pas être isolée. . .	5 mc.
1 lit bactérien, ne pouvant pas être isolé.	115 mc.
Volume total utile J.	180 mc.
Volume J_1 des parties pouvant être isolées. . . .	60 mc.
Hauteur h_1 de l'espace d'aération au-dessus du lit bactérien.	$0^m,25$
Hauteur totale h du lit bactérien.	$1^m,85$
Périphérie u du lit bactérien.	28 m.
Partie accessible u_1 pour le nettoyage du fond. . .	0 m.

Pas de volume S prévu pour le dépôt des boues.

Calcul du coefficient de sécurité représentant la valeur pratique de l'installation :

$$E = \frac{J}{A} + \frac{O}{A} + \frac{J_1}{J} + \frac{h_1}{h} = \frac{180}{70} + \frac{115}{70} + \frac{60}{180} + \frac{0,25}{1,85}$$

D'où

$$E = 2,571 + 1,643 + 0,333 + 0,135 = 4,682.$$

Cette installation moins chère conduit donc à un coefficient de sécurité plus faible : le prix x correspondant à ce coefficient, en prenant pour base le premier projet serait tel que

$$\frac{5,836}{17\,500} = \frac{4,682}{X} \quad \text{d'où } X = 14\,042 \text{ fr.}50$$

Ce chiffre correspond bien au prix demandé pour le deuxième projet, et les deux études peuvent être considérées comme identiques au point de vue du prix, le montant plus faible de l'une étant compensé par la diminution du coefficient de sécurité et de valeur qu'il entraîne.

TABLE DES MATIÈRES



TABLE DES PLANCHES, FIGURES ET GRAPHIQUES

PLANCHES

FIGURES

GRAPHIQUES

69846. — Imprimerie générale Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.